

**ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE EN UN PUNTO CRÍTICO DE LA CIUDAD DE
PEREIRA, TOMANDO COMO REFERENCIA LA VARIABLE MATERIAL
PARTICULADO PM 10**

LAURA CRISTINA NOREÑA OCAMPO

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA**

2021

**ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE EN UN PUNTO CRÍTICO DE LA CIUDAD DE
PEREIRA, TOMANDO COMO REFERENCIA LA VARIABLE MATERIAL
PARTICULADO PM 10**

LAURA CRISTINA NOREÑA OCAMPO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ADMINISTRADORA AMBIENTAL**

DIRECTOR: Dr. JORGE AUGUSTO MONTOYA ARANGO

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA**

2021

Nota de aceptación

Firma del director del trabajo de grado

Dedicatoria

A Dios, a mi maravillosa mamá que está en el cielo, papá y hermanos.

Agradecimientos

A mi mamá por guiarme con el ejemplo, por apoyarme y siempre impulsarme a seguir mis
sueños.

A mi director de tesis el profesor Jorge Augusto Montoya, por acompañarme y orientarme
durante este proceso de investigación.

Al Laboratorio de la Calidad de Aire- Medición de emisiones atmosféricas por confiar en mí y
enriquecer mi conocimiento.

Por último y no menos importantes a todas esas personas que me acompañaron en este largo
proceso.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. OBJETIVOS.....	16
4.1. Objetivo general	16
4.2. Objetivos específicos.....	17
5. MARCO TEÓRICO	17
6. MARCO NORMATIVO	22
7. METODOLOGÍA.....	25
7.1. Diseño Metodológico	25
7.2. Método	29
7.2.1 Fase preliminar.....	29
7.2.2. Fase perceptual.....	32
7.2.3 Fase aprehensiva	32
7.2.4 Fase comprensiva.....	33
8. RESULTADOS	35
8.1. Caracterización zona de estudio por medio de mapas cartográficos.....	35
8.1.1. Grado de emisión de material particulado por fuentes fijas en el municipio de Pereira	36
8.1.2. Dirección y velocidad de los vientos	37
8.1.3. Fuentes móviles	39

8.1.4.	Puntos críticos de emisión de material particulado en la ciudad	40
8.2.	Suma ponderada	42
8.2.1.	Selección de criterios y peso porcentual:.....	42
8.2.2.	Descripción de criterios respecto a puntos críticos.....	44
8.2.3.	Evaluación de criterios.....	45
8.2.4.	Resultado de la suma ponderada.....	46
8.3.	Contexto	47
8.4.	Condiciones meteorológicas	49
8.4.1.	Temperatura	49
8.4.2.	Velocidad del viento	50
8.4.3.	Dirección del viento.....	51
8.4.4.	Humedad relativa.....	51
8.4.5.	Precipitación	52
8.5.	Comportamiento de enfermedades asociadas a la contaminación por material particulado 52	
8.6.	Medición material particulado PM 10.....	54
8.6.1.	Acondicionamiento y manejo de filtros.....	55
8.6.2.	Manejo del equipo.....	57
8.6.3.	Condiciones ambientales	57
8.6.4.	Características generales del muestreo	58
8.6.5.	Registro fotográfico	59
8.6.6.	Concentración de material particulado diario.	61
8.6.7.	Concentración de material particulado anual.....	62
8.7.	Interpretación de resultados	62
8.7.1.	Índice de calidad del aire (ICA).....	64

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
11. ANEXOS	77
Anexo 1. Control de condiciones ambientales.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de emisión material particulado	20
Figura 2. Grado de emisión de material particulado de fuentes fijas.....	37
Figura 3. Dirección y velocidad de los vientos en el municipio de Pereira.....	38
Figura 4. Vías con mayor flujo vehicular en el municipio de Pereira.	40
Figura 5. Mapa puntos críticos de emisión de material particulado en la ciudad de Pereira.....	41
Figura 6. Mapa ubicación de la comuna Centro.	48
Figura 7. Comportamiento temperatura anual estación El Lago 2019.	50
Figura 8. Comportamiento velocidad del viento anual estación El Lago 2019.....	50
Figura 9. Comportamiento dirección del viento anual día y noche estación El Lago 2019.	51
Figura 10. Comportamiento humedad relativa anual estación El Lago 2019.....	52
Figura 11. Proceso para manejo de filtros.	56
Figura 12. Formato control condiciones ambientales.	58
Figura 13. Resultados de medición de concentración de material particulado diario.	62
Figura 14. Comportamiento diario del muestreo de PM10.....	63
Figura 15. Comportamiento anual del muestreo de PM10.	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad nacional vigente de la calidad del aire en Colombia.	22
Tabla 2. Matriz metodológica.	27
Tabla 3. Escala de valoración por criterios.	30
Tabla 4. Puntos de corte del ICA PM 10 para 24 horas.....	33
Tabla 5. Interpretación de resultados del ICA.	34

Tabla 6. Caracterización por colores del grado de emisión de los combustibles utilizados y actividades principales de las fuentes fijas.	36
Tabla 7. Descripción de criterios y su peso porcentual.	43
Tabla 8. Descripción de criterios respecto a puntos críticos.	44
Tabla 9. Evaluación de criterios.	46
Tabla 10. Resultado de la suma ponderada.	46
Tabla 11. Registro fotográfico.	59
Tabla 12. Resultado del índice de calidad del aire.	65

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Suma ponderada.	31
Ecuación 2. Concentración material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	32
Ecuación 3. Cálculo del ICA.	34

RESUMEN

En la actualidad la contaminación atmosférica es un tema que requiere una atención inmediata; es por esta razón que se realizó este trabajo de investigación basado en una evaluación de la calidad del aire, en específico del contaminante criterio material particulado de 10 micras en un punto crítico de la ciudad de Pereira. Es entonces que mediante un análisis por medio de mapas y suma ponderada dio como resultado un lugar de estudio en la comuna Centro de este municipio, caracterizada por presentar un alto flujo vehicular de tránsito lento y una posible acumulación de contaminantes a causa de la convergencia de los vientos y por encontrarse en una zona urbana con limitadas zonas verdes.

Seguido a esto se realizó una recolección de datos primarios a través de 18 mediciones realizadas con el equipo COMDE DERENDA utilizando la metodología propuesta en el método contenido en la norma europea EN 12341:2014 y en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, en específico siguiendo los requisitos para el diseño de sistemas de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI); así mismo los resultados obtenidos se pesaron y acondicionaron en un laboratorio de la Universidad Tecnológica de Pereira sin ningún inconveniente.

Por último y siguiendo los criterios establecidos en la resolución 2254 de 2017 se calculó el índice de calidad del aire (ICA), dando a conocer que a pesar de que este punto de medición se encuentra en una posible zona crítica de la ciudad, presenta un estado de la calidad del aire buena y se encuentra entre los límites establecidos de emisión presentados en esta misma norma ya que las

concentraciones de material particulado oscilaron entre los 7,97 hasta los 26,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; esto dado posiblemente porque las condiciones actuales cambiaron debido a las restricciones decretadas por el país en el año 2020.

ABSTRACT

At present, air pollution is an issue that requires immediate attention; It is for this reason that this research work was carried out based on an evaluation of air quality, specifically of the pollutant criterion particulate matter of 10 microns at a critical point in the city of Pereira. It is then that through an analysis by means of maps and weighted sum, a study place in the Center commune of this municipality resulted, characterized by presenting a high vehicular flow of slow traffic and a possible accumulation of pollutants due to the convergence of the winds and for being in an urban area with limited green areas.

Following this, a primary data collection was carried out through 18 measurements carried out with the COMDE DERENDA equipment using the methodology proposed in the method contained in the European standard EN 12341: 2014 and in the protocol for monitoring and tracking the quality of the air, specifically following the requirements for the design of industrial air quality surveillance systems (SVCAI); Likewise, the results obtained were weighed and conditioned in a laboratory of the Technological University of Pereira without any inconvenience.

Finally, and following the criteria established in resolution 2254 of 2017, the air quality index (ICA) was calculated, revealing that despite the fact that this measurement point is located in a

possible critical area of the city, it presents a state of good air quality and is among the established emission limits presented in this same standard since the concentrations of particulate matter ranged from 7.97 to 26.27 $\mu\text{g} / \text{m}^3$; This is possibly because current conditions changed due to the restrictions decreed by the country in 2020.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es una problemática que ha tomado gran relevancia en los últimos años debido a los efectos negativos que causa en la salud de las personas y el medio ambiente; existen procesos naturales que de por si contribuyen al aumento de los elementos contaminantes en el aire pero las actividades antrópicas aumentan en mayor proporción esta contaminación y los impactos ambientales que se ocasionan a partir de estos procesos degradan los ecosistemas y amenazan la supervivencia misma del hombre.

Pereira a pesar de ser una ciudad que no tiene antecedentes de deterioro ambiental a causa de las emisiones atmosféricas se ha quedado atrasada a la hora de gestionar y evaluar la calidad del aire de la ciudad ya que solo cuenta con dos estaciones de monitoreo que limitan la información de todo el comportamiento en general de la ciudad, lo que impulsaba a generar conocimiento que alarme y prevenga sobre el tema a la comunidad en general ya que es una problemática que ha ocasionado “siete millones de muertes cada año” (OMS,2014).

Es por esta razón que surge este trabajo de investigación que realizará una evaluación de la calidad del aire en punto crítico de la ciudad de Pereira mediante el estudio de la concentración de material

particulado PM 10 que servirá igualmente como base para estudios posteriores de gestión de la calidad; es entonces que se obtiene información primaria por medio de las mediciones realizadas en la comuna Centro de Pereira con un equipo de flujo medio que recolectó el material particulado para luego analizar sus concentraciones y conocer el estado de la calidad del aire en este punto crítico de la ciudad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales de la actualidad más serios a nivel mundial y una de las razones principales de gran parte de la degradación ambiental. Según Yassi (2002) la contaminación del aire se puede definir como “la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire”, estas emisiones están relacionadas con actividades como los servicios, la industria petrolera, la agroindustria, la urbanización y el aumento de las unidades automotoras que intensifican el consumo de combustibles fósiles. En Colombia desde el año 1982 se implementó la primera norma en materia de calidad del aire con el decreto 002, no obstante, los retos ambientales que se siguen presentando son cada vez mayores para la gestión y manejo de los problemas que se relacionan con la emisión de contaminantes a la atmósfera.

De acuerdo al informe del estado de calidad del aire emitido por el IDEAM en el año 2012 y que corresponde al periodo de monitoreo del 2007 al 2010, los municipios de Colombia en los que hay mayor contaminación ambiental son Bogotá DC, Medellín, Cali, Barranquilla, el valle de

Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira; en estas ocho regiones se genera el 41% del material contaminante del aire de todo el país, lo cual tiene una gran influencia sobre la salud de las personas y el deterioro de los ecosistemas. *“Los contaminantes más asociados con estos efectos nocivos en la salud humana, animal y vegetal son el material particulado (PM2.5, PM10 y partículas suspendidas totales), el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre, el ozono troposférico y el monóxido de carbono”* (Cárdenas, 2017, p. 6).

El observatorio nacional de salud informó que “por exposición a aire y agua de mala calidad ocurren cada año en Colombia 17,549 muertes, es decir el 8% del total de la mortalidad anual” (Instituto Nacional de Salud, 2019). De la misma manera este instituto pudo determinar que el 13,9% de las muertes son causadas por enfermedades isquémicas del corazón y el 17,6% por enfermedad pulmonar obstructiva crónica; adicional a esto la mala calidad del aire causa la muerte de 7 millones de personas con los siguientes porcentajes: el 40% por cardiopatía isquémica, 40% en accidentes cerebrovasculares, 11% por neumopatía obstructiva crónica, 6% por cáncer de pulmón y 3% por infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños (OMS,2014).

El control de fuentes fijas y móviles representa el mayor reto en las ciudades con los índices de mayor contaminación ambiental antes mencionadas, ya que son estas las que presentan un mayor aporte de emisión de contaminantes a la atmosfera, según el CONPES 3943 de 2018 las fuentes fijas aportan entre el 18 % y el 22 % de emisiones y los vehículos son responsables del 80% de las emisiones de material particulado ya que el combustible principal utilizado por el sector transporte en el país es la gasolina y el diésel. A pesar de que en el país el 92,6% de las ciudades cumplen

con los estándares emitidos por la resolución 2254 al año 2017 de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ emisión anual de PM 10, solo un 22% cumple con los estándares emitidos por esta misma norma para el año 2030 de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ emisión anual de PM 10 (Gaitán,2020), esto indica que se debe priorizar la calidad del aire en las políticas públicas del país, buscar alternativas tecnológicas para disminuir estos porcentajes y tomar las medidas correspondientes por parte de las autoridades ambientales descentralizadas responsables del control y seguimiento en esta temática.

Risaralda emite anualmente, en promedio, 1,84 mega toneladas (1 Mton = 1 millón de toneladas) de dióxido de carbono equivalente (Mton CO₂ eq.), es decir, el 0,71% de las emisiones totales de Colombia. En el Informe de Calidad de Vida (2018) “Pereira Cómo Vamos” se manifestó que, en el año 2017, el parque automotor de Pereira estuvo compuesto de 168.226 vehículos, lo cual representa un incremento del 23,7% con respecto al año 2014, para este mismo año entraron en circulación 6.296 motos y 4.109 automóviles en la ciudad y solo existen 11 motos y cuatro carros matriculados, que funcionan de forma eléctrica, es decir, 15 vehículos que corresponden al 0,009% del parque automotor.

De acuerdo con la última medición de partículas PM_{2,5} en la ciudad, hay una concentración de 22 mg/m³ en Pereira, lo cual es equivalente a fumarse un cigarrillo al día, en este informe se afirma que el entorno no tiene la capacidad de absorber todos los gases que se emiten a la atmósfera y las autoridades ambientales deben focalizar esfuerzos para ampliar el sistema de medición de calidad del aire, sobre todo de partículas PM_{2,5} (100 veces más delgadas que un cabello humano) que pueden ser letales para el ser humano (Informe de Calidad de Vida, 2018).

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se reconoce que la calidad del aire es un tema prioritario que se encuentra estrechamente relacionado con la salud ambiental. En Colombia mueren al año 10 mil personas a causa de la contaminación atmosférica (MinAmbiente, 2020) y teniendo en cuenta que las dinámicas poblacionales, el crecimiento de urbes y la industrialización presentan un crecimiento exponencial se aumentarían de igual forma los efectos de los gases en la atmósfera como el efecto invernadero y el daño en la capa de ozono.

La OMS (2018) reconoce que *“la contaminación del aire es un factor de riesgo crítico para las enfermedades no transmisibles, ya que se estima que causa una cuarta parte (24%) de todas las muertes de adultos por cardiopatías, el 25% de las muertes por accidentes cerebrovasculares, el 43% de las muertes por neumopatía obstructiva crónica y el 29% de las muertes por cáncer de pulmón”*, esto evidencia la necesidad de una adecuada gestión ambiental enmarcada en la calidad del aire desde un nivel local hacia uno global buscando su articulación y teniendo en cuenta tanto los tratados internacionales como la normatividad nacional ya que la dispersión de contaminantes no conoce ningún tipo de fronteras.

Es entonces que se selecciona a Pereira como zona de estudio ya que en este momento le apuesta a ser una ciudad moderna que brinde una excelente calidad de vida a sus habitantes, esto se relaciona directamente con el aumento de la productividad y la competitividad, lo cual requiere un desarrollo tecnológico, económico, urbano e industrial mucho mayor; es por eso que se debe generar conocimiento y profundizar en los temas atmosféricos para formar profesionales

competentes que generen investigaciones asociadas a la calidad ambiental, mejorar los sistemas de vigilancia de calidad del aire y conocer las dinámicas de los puntos críticos en diferentes puntos de la ciudad. La ciudad cuenta con dos estaciones de monitoreo de calidad de aire, pero es importante complementar la información existente y es a partir de esto que se genera el propósito de esta investigación.

Mediante el compromiso y coordinación con el Laboratorio de calidad de aire de la Universidad Tecnológica de Pereira se hace posible realizar este tipo de investigaciones desde un ámbito interdisciplinar; reconociendo la importancia de impulsar a la universidad y convertir la calidad de aire en un foco de estudio que contribuya al desarrollo territorial y mejore las condiciones ambientales de la ciudad. La investigación se aborda desde una visión integral que permite la evaluación completa de la calidad del aire alusivo al material particulado PM 10 en un punto crítico de la ciudad, lo cual resalta el desarrollo de la administración pública desde el perfil del administrador ambiental.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del aire en punto crítico de la ciudad de Pereira mediante el estudio de la concentración de material particulado PM 10.

4.2. Objetivos específicos

- Seleccionar un punto crítico y caracterizar sus condiciones ambientales en la ciudad de Pereira.
- Medir las concentraciones de material particulado PM 10 mediante un muestreo con un captador de volumen medio.
- Interpretar los resultados obtenidos por medio del estudio del índice de calidad de aire y la normatividad vigente.

5. MARCO TEÓRICO

El ser humano a lo largo de los años ha buscado nuevas alternativas de desarrollo, lo que ha ocasionado la exposición y emisión de grandes cantidades de material particulado y otros contaminantes a la atmósfera; según García (2018) *“el ser humano se ha expuesto a fuentes antropogénicas de contaminación del aire desde que aprendió a quemar biomasa para producir fuego; no obstante, fue la quema de combustibles fósiles la que hizo de la contaminación del aire un problema de salud pública”*(p.14), esto es confirmado por el observatorio de la sostenibilidad de España (sf) el cual sostiene que el cambio de la composición de la atmósfera en términos de contaminación fue consecuencia de actividades humanas desde la llamada Revolución Industrial hasta hoy que se presencia la quema de combustibles fósiles, las emisiones derivadas de actividades industriales y el desarrollo de sistemas de transporte (p.22).

Las consecuencias que ha traído la exposición a este tipo de contaminación en las ciudades y que se catalogó como un problema serio debido a su relación directa con el ser humano fueron dadas en diversos eventos a lo largo del mundo tales como lo dice De nevers (1998) “Meuse Valley en

1930, donde murieron más de 60 personas por emisiones de SO₂ y fluorocarbonados; el de Donora Pennsylvania en 1948, dando muerte a más de 20 personas por emisiones de material particulado” (Tyler, Acevedo y Bocarejo, 2013, p. 4) y el evento más representativo fue en Londres en 1952 cuando una densa niebla invadió la ciudad por cuatro días generando un aumento en la mortalidad calculando 4000 defunciones, siendo la bronquitis el mayor factor de muertes (García, 2006,p.8).

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriores es importante definir la contaminación desde un ámbito general como la “alteración física, química y biológica que un medio o un territorio pueden sufrir por la dinámica que desarrollan medios naturales y/o antrópicos” (IDEAM,sf), así mismo como tener presente el componente que es alterado por fenómenos naturales y/o antrópicos, la atmósfera definida según Jiménez (2001) en su libro la contaminación ambiental en México como una mezcla de gases y pequeñas partículas líquidas o sólidas que envuelven la tierra con nitrógeno y oxígeno como principales componentes (p.318).

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores se puede entender de manera más específica y puntual la contaminación atmosférica como la presencia en altas concentraciones de sustancias en la atmósfera en un tiempo determinado, como resultado de actividades humanas o procesos naturales que pueden ocasionar daños a la salud o al ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,2008, p.8); por otro lado y reafirmando la definición anterior Jiménez (2001) la define como “presencia de sustancias no deseables en la atmósfera en altas concentraciones, tiempo y circunstancias tales que puedan afectar significativamente la comodidad, salud y bienestar de las personas” (p.319).

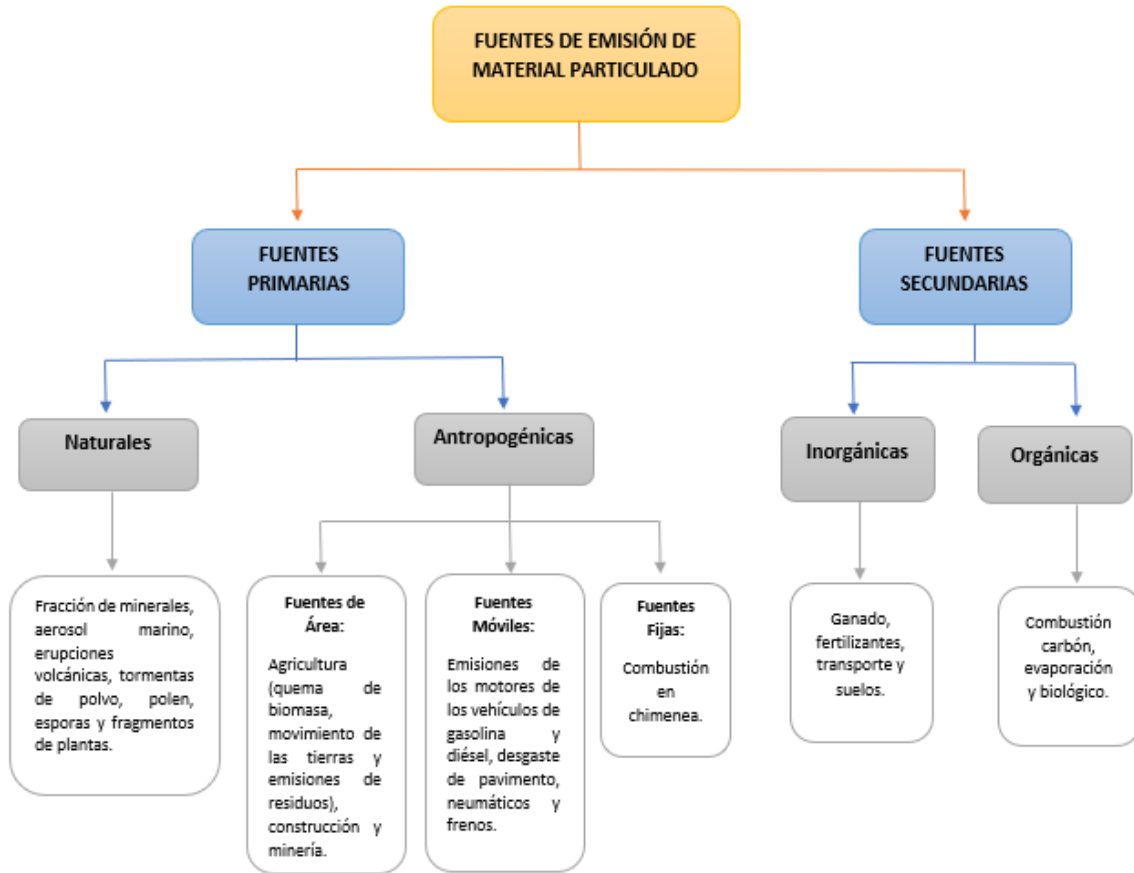
En este tipo de contaminación se tienen en cuenta los contaminantes criterios que son los que afectan de manera directa la salud de la población en general; dentro de estos contaminantes encontramos el material particulado (PM) entendido como un conjunto de partículas presentes en la atmósfera que se pueden presentar en estado sólido o líquido en suspensión o sedimentables que se dispersan en el aire; la emisión de estas partículas pueden provenir de fuentes naturales o antropogénicas (Jiménez, 2001, p.346).

Otro término que se usa son partículas en suspensión definidas como sustancias orgánicas e inorgánicas que se dispersan en el aire procedentes de fuentes naturales y artificiales. A diferencia de otros contaminantes, las partículas son emitidas por una gran variedad de fuentes, en función de las cuales varían sus propiedades físicas y su composición química (Observatorio de sostenibilidad de España, sf, p.106). Así mismo las partículas según su origen se pueden clasificar en polvos, humo, fumos, cenizas volantes, niebla y aerosol (Jiménez, 2001, p.347).

El material particulado constituye una mezcla compleja de sustancias, las características físicas de las partículas “ejercen influencia en su transporte, tiempo de permanencia y la posibilidad de depositación tanto en el ambiente como a través del sistema respiratorio y su composición química interviene directamente sobre los efectos en la salud humana” (García, 2006,p.4).

La emisión de estas partículas puede dividirse en primarias y secundarias como se muestra en la figura 1:

Figura 1.Fuentes de emisión material particulado



Fuente: Elaboración propia a partir de información recolectada de la evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión y por el análisis de contribución de fuentes en PM₁₀ y PM_{2.5} en un área de fondo urbano con influencia de emisiones industriales.

La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud en Latinoamérica, se estima que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica (OMS, 2018). Esto es visible en Colombia donde es mayor la

concentración de PM10 comparado con otros países que se encuentran en desarrollo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012, p. 96), siendo este contaminante uno de los más relevantes para estudiar los efectos en la salud ya que las partículas con un diámetro de 10 micras o menos pueden “penetrar profundamente en los pulmones e inducir la reacción de la superficie y las células de defensa” (OPS, sf). La mayoría de las muertes atribuibles a la contaminación atmosférica en la población general están relacionadas con las enfermedades no transmisibles, en efecto, el 36% de las muertes por cáncer de pulmón, el 35% de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD), el 34% de los accidentes cerebrovasculares y el 27% de las cardiopatías isquémicas son atribuibles a la contaminación atmosférica (OPS, sf).

Es importante resaltar que los impactos del material particulado PM10 no solo recaen en la salud sino en el ambiente en general, por eso es necesario entender el ambiente como “el campo de interacciones o relaciones entre sociedad y naturaleza o entre cultura y ecosistemas” (Saenz, 2007, p.12); es entonces que el estudio debe realizarse con una visión interdisciplinaria e integral para dar respuesta a los impactos ambientales que se generen a partir de este tipo de emisión.

Por último cabe resaltar que la gestión permite al administrador ambiental estudiar y proponer estrategias que dan respuesta a los problemas que se presentan en un territorio en un proceso técnico, administrativo, financiero y político (Muriel, 2006, p.3) de “aproximaciones sucesivas en el cual diversos actores públicos y privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente”(Rodríguez y Espinoza, 2002, p.7).

6. MARCO NORMATIVO

Es importante tener en cuenta el soporte normativo de los asuntos ambientales relacionados con la calidad de aire en Colombia, para así orientar el trabajo a un adecuado cumplimiento de las leyes, decretos, resoluciones y otros documentos normativos presentes en el país que apuntan a una adecuada gestión de los contaminantes en el aire.

Tabla 1. Normatividad nacional vigente de la calidad del aire en Colombia.

NORMATIVIDAD NACIONAL	
Normatividad	Descripción
Art. 79 de la Constitución Política De Colombia.	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio Del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En el título 5 (Aire) se establecen los tipos de contaminantes, las funciones de las corporaciones autónomas y los entes gubernamentales, la clasificación de fuentes contaminantes, permisos de emisión atmosférica y se dictan otras disposiciones sobre restricciones, prohibiciones y permisos

NORMATIVIDAD NACIONAL	
Normatividad	Descripción
	ambientales asociados a las emisiones, así como certificaciones de fuentes móviles, planes de contingencia por contaminación atmosférica, vigilancia y control de fuentes fijas.
Resolución 2254 de 2017	<p>Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.</p> <p>En esta resolución se establecen los niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire en la actualidad y al año 2030; seguido a esto se establecen los niveles de prevención, alerta o emergencia y las áreas fuente de contaminación (programas para reducción de la contaminación, cálculo clasificación áreas fuentes de contaminación de aire y delimitación de áreas); por último, se explica detalladamente el cálculo para establecer el índice de calidad del aire.</p>
	<p>Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.</p> <p>El protocolo establece las directrices, metodologías y procedimientos necesarios para llevar a cabo las actividades</p>

NORMATIVIDAD NACIONAL	
Normatividad	Descripción
Resolución 0650 de 2010	<p>de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en el territorio nacional.</p> <p>Está compuesto este protocolo por el manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire y el manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.</p>
CONPES 3943 de 2018	Política para el mejoramiento de la calidad del aire. El objetivo general de este CONPES es reducir la concentración de contaminantes en el aire que afectan la salud y el ambiente.
Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (Manuales de diseño y operación de sistemas de vigilancia de calidad del aire).	<p>El manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire incorpora los lineamientos a tener en cuenta para llevar a cabo el diseño y la operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en el país.</p> <p>El manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire incorpora los lineamientos a tener en cuenta para llevar a cabo la operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en el país.</p>

Fuente: Elaboración propia.

7. METODOLOGÍA

7.1. Diseño Metodológico

Los administradores ambientales como planificadores del territorio requieren el uso de metodologías que estudien las problemáticas de una manera sistémica. Es en este sentido que para el cumplimiento de los objetivos propuestos se realizará una investigación de carácter mixto, representado según Sampieri (2014) como *“conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio”* (p.534).

El enfoque del proceso metodológico de este trabajo se enmarca en cuatro fases que determinan la profundidad del estudio tomadas del libro de Jackelin Hurtado de Barrera metodología del libro de la investigación holística que tiene como objetivo general “evaluar la calidad del aire en punto crítico de la ciudad de Pereira mediante el estudio de la concentración de material particulado PM₁₀” enmarcado en el alcance de este tipo de investigación.

Para el cumplimiento de los tres objetivos de investigación se desarrollarán en cuatro etapas descritas a continuación:

- **Fase Preliminar:** El proceso de esta investigación inicia con la selección de un punto crítico de la ciudad de Pereira que desea ser estudiado, es por esta razón que esta fase es utilizada para lograr la primera parte del objetivo número uno “Seleccionar un punto crítico y caracterizar sus condiciones ambientales en la ciudad de Pereira”.

- **Fase Perceptual:** Esta fase es entendida como “una aproximación inicial al evento, en la cual apenas se alcanzan a percibir los aspectos más evidentes del mismo” (Hurtado de Barrera, 2000. P.18). Orienta la segunda parte del objetivo específico número uno “Seleccionar un punto crítico y caracterizar sus condiciones ambientales en la ciudad de Pereira”.
- **Fase aprehensiva:** Esta fase es entendida como “una aproximación más profunda para descubrir aspectos del evento considerado como un grupo de sinergias” (Hurtado de Barrera, 200 p.19). Orienta el objetivo número dos de esta investigación “medir las concentraciones de material particulado PM 10 mediante un muestreo con un captador de volumen medio”.
- **Fase comprensiva:** Esta fase es entendida como “el estudio del evento en su relación con otros eventos, enfatizando por lo general las relaciones de causalidad” (Hurtado de Barrera, 200 p.19). Orienta el objetivo número tres de esta investigación “Interpretar los resultados obtenidos por medio del estudio del índice de calidad de aire y la normatividad vigente”.

Tabla 2. Matriz metodológica.

Fases	Objetivo asociado	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultado final
Preliminar	Seleccionar un punto crítico y caracterizar sus condiciones ambientales en la ciudad de Pereira	Formulación criterios zonas de estudio Selección de un punto crítico de la ciudad	Cartografía Suma ponderada	Google earth Qgis Matriz suma ponderada	Punto crítico a estudiar.
Perceptual	Seleccionar un punto crítico y caracterizar sus condiciones ambientales en la ciudad de Pereira	Recolección de información primaria y secundaria	Observación simple Revisión documental	Guía de observación	Caracterización ambiental

Fases	Objetivo asociado	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultado final
Aprehensiva	Medir las concentraciones de material particulado PM 10 mediante un muestreo con un captador de volumen medio	Preparación instrumentos pre muestreo Toma de muestras en campo Análisis muestras en el laboratorio	Método EN 12341:2014 Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire	Formatos e instructivos del ensayo PM 10	Datos concentraciones PM 10
Comprensiva	Interpretar los resultados obtenidos por medio del estudio del índice de calidad de aire y la normatividad vigente.	Interpretar resultados	Revisión documental	Matriz del Índice de la calidad del aire (ICA)	Índice de la calidad del aire

Fuente: Elaboración propia

7.2. Método

El desarrollo de cada uno de los objetivos se realizó mediante un conjunto de técnicas e instrumentos que permitieron el adecuado desarrollo del trabajo de investigación.

7.2.1 Fase preliminar

- **Caracterización zona de estudio por medio de mapas cartográficos**

Esta fase se utilizó para seleccionar la zona de estudio de evaluación de material particulado en la ciudad. Como primera etapa de esta fase se realizaron una serie de mapas en el programa QGIS los cuales nos determinaron posibles puntos críticos en la ciudad, teniendo en cuenta las principales fuentes de emisión y la dispersión de estos contaminantes en la atmósfera; es en este sentido que se realizó un mapa del grado de emisión de material particulado de fuentes fijas, uno de dirección y velocidad de los vientos y uno de vías con mayor flujo vehicular, para finalmente realizar el último mapa de puntos que por sus características pueden ser potencialmente críticos en la ciudad logrando este resultado mediante la superposición de los 3 mapas anteriores.

- **Suma Ponderada**

La suma ponderada se utilizó en la segunda parte de esta fase luego de la realización del mapa en QGIS de selección de puntos con mayor incidencia de fuentes contaminantes de material particulado para priorizar el lugar a trabajar teniendo en cuenta una serie de criterios y unas calificaciones dadas por la investigadora de carácter más logística y presupuestal; es entonces que se seleccionan unos criterios asignándole a cada uno un peso porcentual para calificar los puntos críticos.

Escala de valoración por criterios

Para la valoración de cada una de los criterios seleccionados se tienen en cuenta las calificaciones descritas en la siguiente tabla:

Tabla 3. Escala de valoración por criterios.

Criterio/ Calificación	1 Baja	2 Media	3 Alta
Presupuesto	Requiere muchos recursos para realizar la medición.	Requiere recursos, pero no muchos para realizar la medición.	Requiere pocos recursos para realizar la medición.
Seguridad	El lugar presenta altos problemas de inseguridad.	El lugar presenta problemas de inseguridad, pero son más controlables.	El lugar presenta pocos problemas de inseguridad.
Tiempo de desplazamiento	El lugar se encuentra a más de 10 kilómetros de la Universidad Tecnológica de	El lugar se encuentra entre 5 y 10 kilómetros de la Universidad Tecnológica de	El lugar se encuentra a menos de 5 kilómetros de la Universidad Tecnológica de

Criterio/ Calificación	1 Baja	2 Media	3 Alta
	Pereira.	Pereira.	Pereira.
Disponibilidad de energía eléctrica	El lugar no cuenta con una red de conexión cercana.	El lugar cuenta con una conexión a una distancia un poco alejada.	El lugar cuenta con conexión disponible.

Fuente: Elaboración propia

Resultado de la suma ponderada

Al finalizar la valoración de cada uno de los criterios, se procede a evaluar cada uno de ellos con la ecuación número 1, para así seleccionar el valor más alto como el punto crítico a estudiar.

Ecuación 1. Suma ponderada

$$SP = p_1X_1 + p_2X_2 + \dots + p_nX_n$$

Donde:

SP: suma ponderada

p_1, p_2, \dots, p_n : porcentaje de los datos

X1,X2,...Xn: valoración de criterios

7.2.2. Fase perceptual

En esta fase se caracterizan las condiciones del punto de estudio seleccionado en la técnica de suma ponderada por medio de una recolección de información secundaria a través de una revisión documental; así mismo se complementó la información con las visitas realizadas al lugar de estudio.

7.2.3 Fase aprehensiva

En esta fase se realizaron 18 mediciones de material particulado tomando de referencia la metodología propuesta en la norma europea EN 12341:2014 y en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, en específico siguiendo los requisitos para el diseño de sistemas de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI), así mismo los filtros obtenidos de esta medición se pesaron y acondicionaron en la Universidad Tecnológica de Pereira y por último, para conocer su concentración final se aplicó la ecuación número 2.

Ecuación 2. Concentración material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$$C = \frac{m_1 - m_u}{\varphi_a \cdot t}$$

Donde:

C= concentración PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

M_1 = masa del filtro muestreada (μg).

m_u =masa del filtro sin muestrear (μg).

φ = caudal en condiciones normales (m^3/h).

t = tiempo de muestreo, en horas (h)

7.2.4 Fase comprensiva

En esta fase se realizó una revisión de la resolución 2254 de 2017 para comparar los límites máximos de emisión y así mismo calcular el índice de calidad del aire (ICA) para conocer el estado de la calidad del aire en el punto crítico estudiado; es entonces que se utilizaron las interpretaciones y cálculos de acuerdo a lo establecido en esta resolución.

A continuación, se describe las tablas y ecuación utilizada para el cálculo del ICA:

Tabla 4. Puntos de corte del ICA PM 10 para 24 horas.

ICA	Categoría	Puntos de corte del ICA PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0-50	Buena	0-54
51-100	Aceptable	55-154
101-150	Dañina a la salud de grupos sensibles	155-254
151-200	Dañina para la salud	255-354
201-300	Muy dañina para la salud	355-424
301-500	Peligroso	425-604

Fuente: Adaptado de la resolución 2254 de 2017

Ecuación 3. Cálculo del ICA.

$$ICA_p = \frac{I_{Alto} - I_{Bajo}}{PC_{Alto} - PC_{Bajo}} \times (C_p - PC_{Bajo}) + I_{bajo}$$

Donde:

ICA_p= Índice de calidad del aire para el contaminante pm 10.

C_p= Concentración medida para el contaminante pm 10.

PC_{alto}= Punto de corte mayor o igual a C_p.

PC_{bajo}= Punto de corte menor o igual a C_p.

I_{alto}= Valor del ICA correspondiente al PC alto.

I_{bajo}= Valor del ICA correspondiente al PC bajo.

Tabla 5. Interpretación de resultados del ICA.

Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
0-50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51-100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.
101-150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. En material particulado las personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se

Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
			consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.
151-200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201-300	Púrpura	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
301-500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Fuente: Resolución 2254 de 2017

8. RESULTADOS

8.1. Caracterización zona de estudio por medio de mapas cartográficos

Para caracterizar zonas que por sus características resaltan la importancia de ser estudiadas se elaboran mapas cartográficos que representan posibles fuentes de emisión de material particulado PM 10 en la ciudad de Pereira y al cruzar todos estos mapas nos da como resultado los puntos que

nombraremos como críticos para la posterior selección con la ayuda de una suma ponderada solo un punto crítico para el estudio de esta investigación. A continuación, se describe cada uno de los mapas realizados:

8.1.1. Grado de emisión de material particulado por fuentes fijas en el municipio de Pereira

Este mapa cartográfico se realizó a partir de la georreferenciación de la base de datos del inventario de fuentes fijas del 2018 suministrada por la Corporación Autónoma de Risaralda (CARDER) teniendo en cuenta los datos referentes del municipio de Pereira.

Seguido a esto, conociendo los combustibles utilizados y las actividades realizadas en cada una de estas fuentes fijas se caracterizó el grado de emisión de material particulado en la atmósfera, que según su origen puede darse en una clasificación con colores como se describe a continuación:

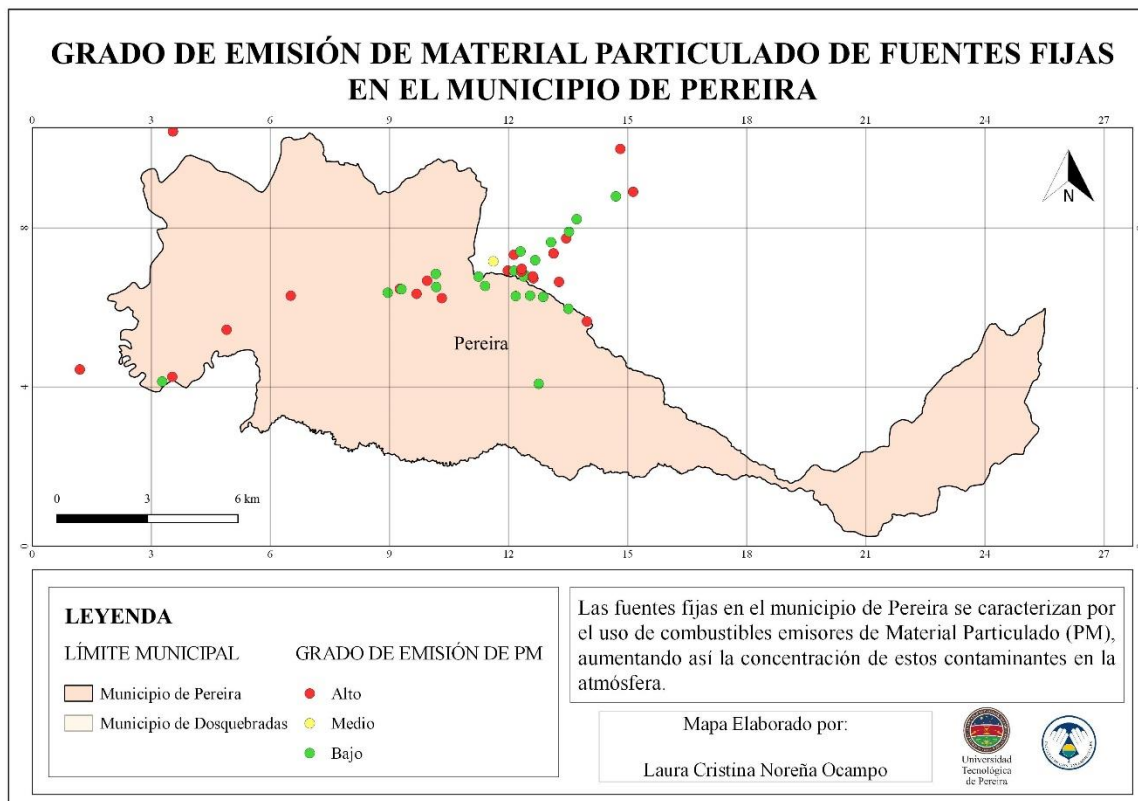
Tabla 6. Caracterización por colores del grado de emisión de los combustibles utilizados y actividades principales de las fuentes fijas.

ALTO	MEDIO	BAJO
Biomasa, Carbón mineral, cascarilla de café, Hornos crematorios, ACPM, madera, bagazo, construcción de carreteras y vías férreas, explotación de materiales, quemas abiertas controladas, cantera.	Gas propano.	Gas natural.

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la CARDER, 2018.

Seguido a la caracterización con colores se realizó el mapa en la aplicación QGIS para una visualización de las industrias con su grado de contaminantes que emiten a la atmósfera.

Figura 2. Grado de emisión de material particulado de fuentes fijas.



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la CARDER, 2018.

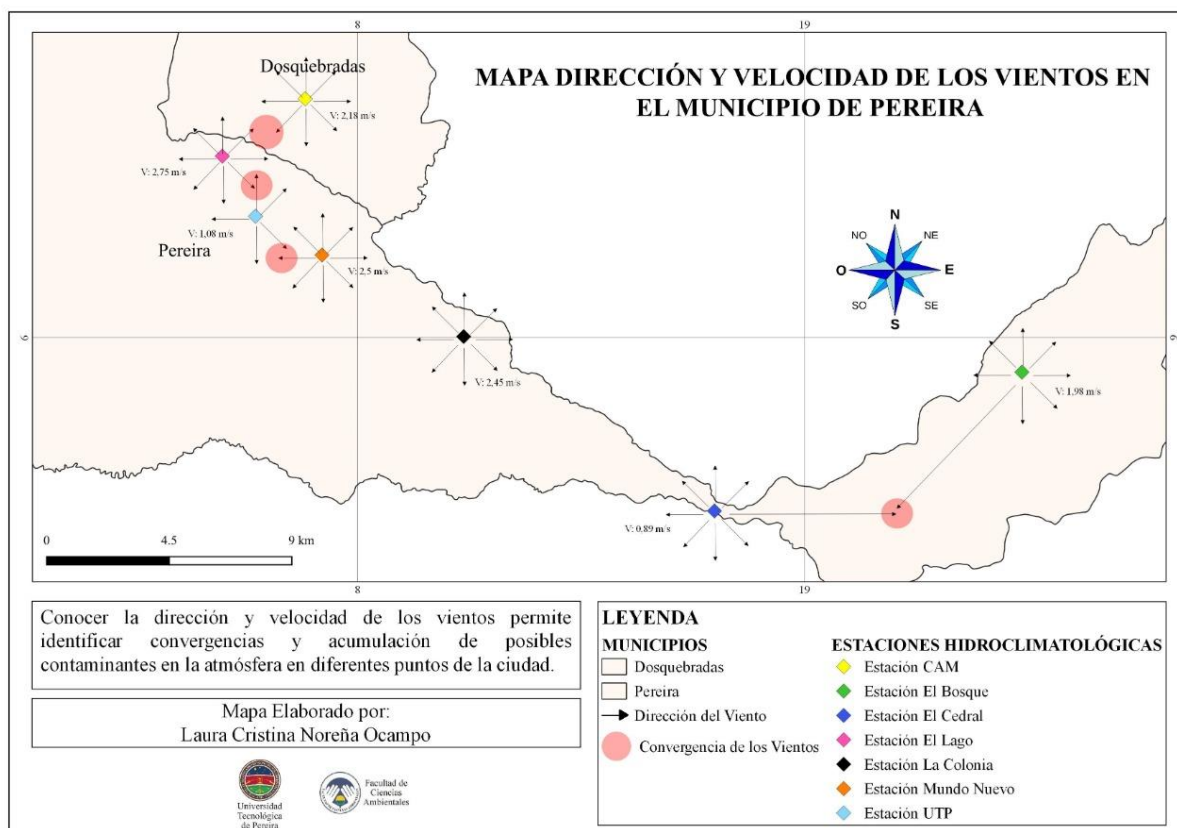
8.1.2. Dirección y velocidad de los vientos

La velocidad y dirección de los vientos en el municipio de Pereira permite conocer los lugares en donde convergen contaminantes en la atmósfera y en donde posiblemente puedan acumularse contaminantes; es por esta razón que se realiza el mapa de dirección y velocidad del viento del municipio teniendo en cuenta los datos recolectados del valor medio anual del año 2019 de siete estaciones de la red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda que toman mediciones de

estos dos parámetros siendo las estaciones del CAM, El Bosque, El Cedral, El Lago, La Colonia, Mundo Nuevo y UTP.

Para realizar este mapa se georreferenciaron las estaciones por medio de Google Earth y se recolectó la información de los informes anuales de cada una de las estaciones; seguido a esto se tomaron los datos de la direccionalidad del viento en el horario diurno reportada por cada estación en el año 2019 y se graficaron en el mapa para finalmente identificar posibles convergencias en diferentes puntos del municipio.

Figura 3. Dirección y velocidad de los vientos en el municipio de Pereira.



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la red Hidroclimática del Departamento de Risaralda, 2019.

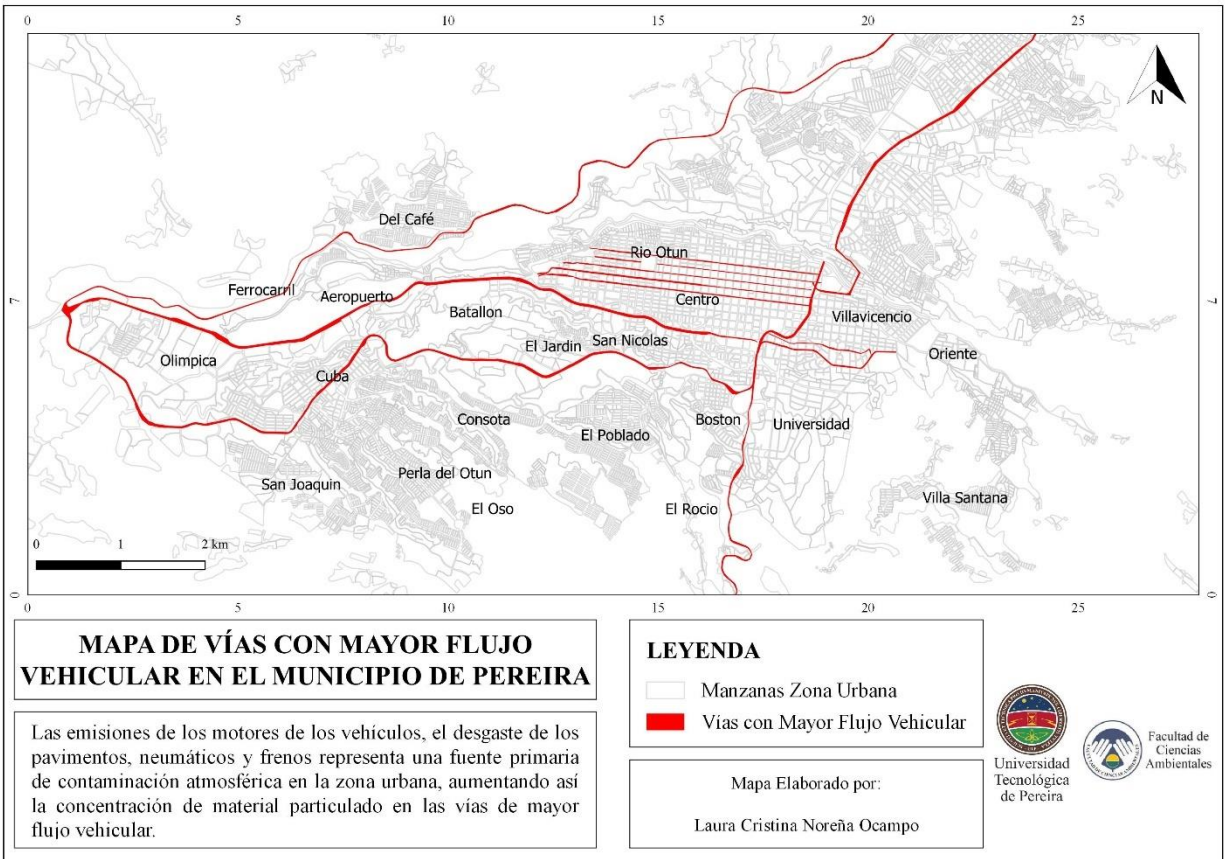
8.1.3. Fuentes móviles

Pereira es un municipio que se encuentra ubicado en un punto estratégico del país, debido a que es una ciudad de paso para las ciudades principales como lo son Cali, Medellín y Bogotá; así como es una red de acceso a los departamentos de Caldas, Valle y Quindío. Teniendo en cuenta que las emisiones de los motores de los vehículos, el desgaste de pavimentos, neumáticos y frenos representa una fuente primaria de contaminación atmosférica se hace necesario conocer las vías de mayor flujo vehicular para identificar acumulación de material particulado en estos sectores, ya que esto se asocia al uso de combustible diésel en los vehículos de la ciudad.

La demarcación de las vías observadas en la figura 4 se recolectaron a partir de un recorrido a la ciudad donde se observaron grandes atascos y acumulación de vehículos sobre el Viaducto César Gaviria Trujillo, el Puente Mosquera, la Avenida 30 de Agosto y la Avenida Sur, coincidiendo con las vías principales de la ciudad. Así mismo en el documento análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud en el 2019 complementó esta información de otras vías como es el caso de “Avenida 30 de agosto, la Avenida Circunvalar, La Sur, La Ferrocarril y las carreras Sexta, Séptima y Octava” (p.17).

Por efectos del combustible usado por los transportes públicos que es principalmente diésel ya que según el SIGAM (2002) “la mayoría del parque automotor tiene una edad superior a los veinte años” (p.22) se tuvieron en cuenta la carrera 4 y la carrera 5 también como vías de mayor flujo vehicular por ser vías donde transitan en gran proporción buses de transporte público en la ciudad.

Figura 4. Vías con mayor flujo vehicular en el municipio de Pereira.

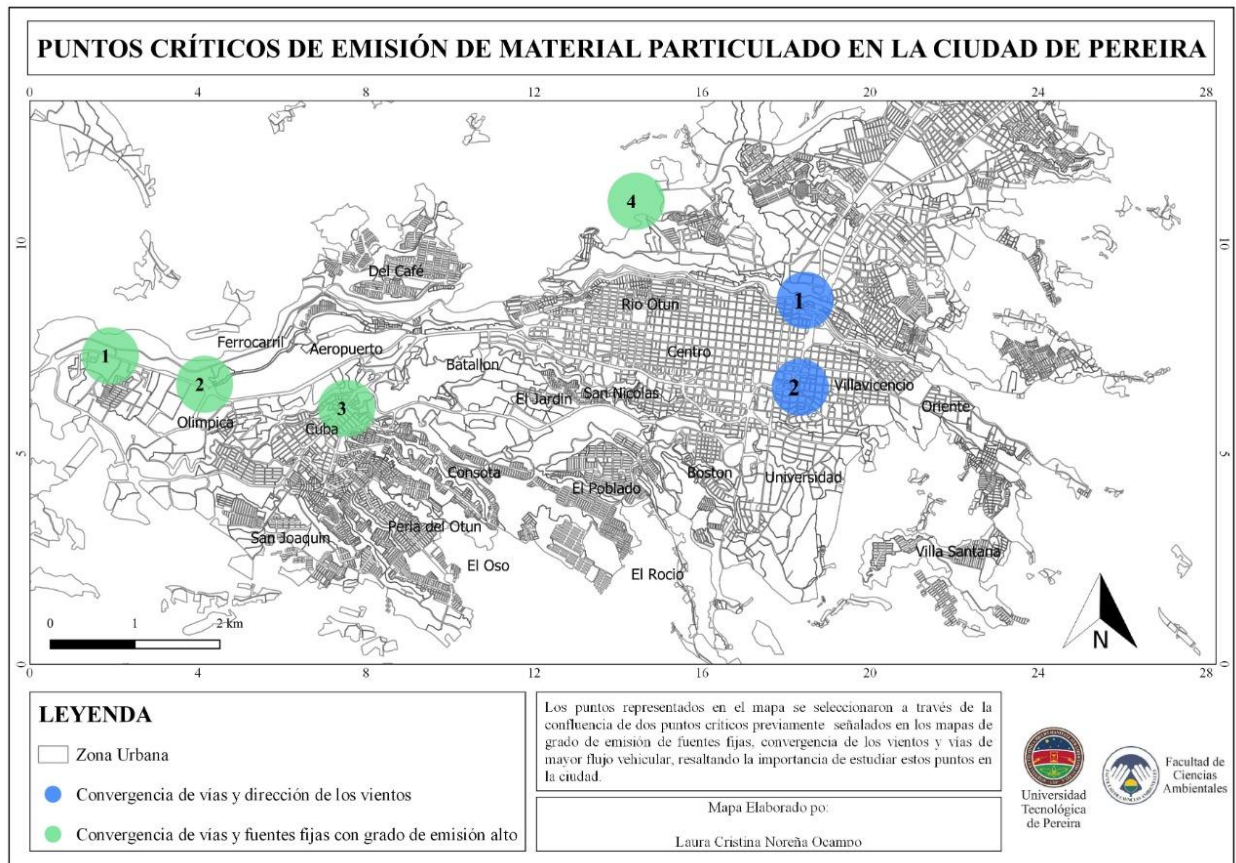


Fuente: Elaboración propia.

8.1.4. Puntos críticos de emisión de material particulado en la ciudad

Para seleccionar puntos críticos en la ciudad de Pereira se tienen en cuenta fuentes de emisión primarias de tipo antropogénicas como lo es la combustión en chimenea y el alto tránsito vehicular, así mismos factores meteorológicos como la velocidad y dirección del viento; es por esta razón que se estudia la convergencia de dos puntos importantes sobreponiendo los mapas anteriores que nos demuestran posibles fuentes de emisión de material particulado, vías con mayor flujo vehicular y puntos de encuentro de dirección de los vientos en donde se selecciona como punto crítico donde se encuentren dos de estas variables en la ciudad como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Mapa puntos críticos de emisión de material particulado en la ciudad de Pereira



Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar el mapa y estudiar sus convergencias dio como resultado 5 puntos de una posible concentración mayor de material particulado ubicados en la ciudad de Pereira de la siguiente manera:

Ubicación de puntos críticos por convergencia de los vientos y vías de mayor flujo vehicular señalizados en el mapa de color azul:

- **Punto 1:** Comuna Río Otún sector barrios Los Alcaceres y América y Comuna Centro barrios Sector Galería Central y Parque la Libertad.

- **Punto 2:** Comuna centro sector barrio Parque la Libertad y Comuna Villavicencio sector barrio Villavicencio.

Ubicación de puntos críticos por convergencia de vías con mayor flujo vehicular y fuentes fijas con grado de emisión de material particulado alto, ubicados en el mapa de color verde:

- **Punto 1:** Comuna Olímpica sector industrial occidente.
- **Punto 2:** Comuna Olímpica Sector Estadio Hernán Ramírez Villegas y Comuna Ferrocarril sector Portal de La Villa.
- **Punto 3:** Comuna Cuba Sector barrios La Playita y San Fernando.

8.2. Suma ponderada

La técnica suma ponderada es definida como la “media de un conjunto de valores a los que se han asignado diferentes grados de importancia” (Triola,2009, p.849) y es utilizada para dar respuesta a la primera parte del objetivo número uno “seleccionar un punto crítico y caracterizar sus condiciones ambientales en la ciudad de Pereira”. A continuación, se explican cada una de los pasos desarrollados en esta técnica:

8.2.1. Selección de criterios y peso porcentual:

En este punto se describen las características que se va a tener en cuenta en cada uno de los criterios seleccionados y el peso porcentual que tendrá en cuenta la investigadora en esta selección para realizar los promedios ponderados.

Tabla 7. Descripción de criterios y su peso porcentual.

Criterio	Descripción	Peso porcentual
Presupuesto	Los gastos que se requieren para acceder a la zona de estudio incluido el valor del transporte, la alimentación de todo el equipo del laboratorio y el valor cobrado por el uso de la energía eléctrica. Estos costos se tendrán en cuenta con el valor local de los productos, terminal de transporte y con el valor estimado de cobro de energía en los lugares tentativos de medición.	25%
Seguridad	Lugar donde los peligros y las condiciones pueden provocar daños de tipo físico, psicológico o material son controlados para preservar la salud y el bienestar de los integrantes del grupo del laboratorio. Esta variable se tendrá en cuenta con estudios realizados en la ciudad de seguridad.	35%
Tiempo de desplazamiento	Distancia que se requiere para llegar al lugar de la medición. Es un valor estimado por medio del uso de servidores web de ubicación y distancia.	10%

Disponibilidad de energía eléctrica	El uso de energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de las mediciones ya que el equipo del DERENDA funciona al 100% con energía eléctrica.	30%
-------------------------------------	--	-----

Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Descripción de criterios respecto a puntos críticos

Las casillas en este paso son explicadas por medio de la relación entre cada una de las alternativas y cada criterio.

Tabla 8. Descripción de criterios respecto a puntos críticos.

Criterio	Punto 1 Comuna Río Otún y Centro	Punto 2 Comuna Centro y Villavicencio	Punto 3 Comuna Olímpica	Punto 4 Comuna Olímpica y Ferrocarril	Punto 5 Comuna Cuba
Presupuesto	\$ 81.259	\$ 390.859	\$ 390.859	\$ 390.859	\$ 390.859
Seguridad	Homicidios:12 Hurtos 2019: 409	Homicidios:13 Hurtos 2019: 387	Homicidios:0 Hurtos 2019: 44	Homicidios:0 Hurtos 2019: 44	Homicidios:38 Hurtos 2019: 41
Tiempo de desplazamiento	3,6 kilómetros	3,1 Kilómetros	5,7 Kilómetros	6,9 Kilómetros	8,6 Kilómetros

Criterio	Punto 1 Comuna Río Otún y Centro	Punto 2 Comuna Centro y Villavicencio	Punto 3 Comuna Olímpica	Punto 4 Comuna Olímpica y Ferrocarril	Punto 5 Comuna Cuba
Disponibilidad de energía eléctrica	El lugar cuenta con una conexión disponible en una vivienda ubicada en la carrera 4 #16- 13.	El lugar cuenta con conexiones cercanas, pero requiere autorización de los propietarios.	El lugar cuenta con una conexión a una distancia un poco alejada y requiere de autorización de industrias del sector.	El lugar cuenta con conexiones cercanas, pero requiere autorización de los propietarios.	El lugar cuenta con conexión disponible en una vivienda ubicada en la manzana 20 casa 5 Barrio San Fernando.

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por el informe de calidad de vida

2019, periódico El Expreso, periódico El Diario y el Laboratorio de la Calidad del Aire-

Medición Emisiones atmosféricas.

8.2.3. Evaluación de criterios

La evaluación de los criterios para cada una de las alternativas se hace a partir de la escala formulada en la tabla número 3 de este trabajo y teniendo en cuenta las descripciones de cada uno de los criterios.

Tabla 9. Evaluación de criterios.

Criterio	Peso porcentual	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Presupuesto	0,25	2	1	1	1	1
Seguridad	0,35	1	1	2	2	1
Tiempo de desplazamiento	0,1	3	3	2	2	2
Disponibilidad de energía eléctrica	0,3	3	2	1	2	2

Fuente: Elaboración propia

8.2.4. Resultado de la suma ponderada

El resultado de la suma ponderada da luego de calcular la ecuación número 1; eligiendo como lugar de estudio el punto con un valor mayor.

Tabla 10. Resultado de la suma ponderada.

Criterio	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Presupuesto	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25
Seguridad	0,35	0,35	0,35	0,7	0,35
Tiempo de desplazamiento	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Disponibilidad de energía eléctrica	0,9	0,6	0,3	0,5	0,6
Suma ponderada	2,05	1,5	1,2	1,75	1,4

Fuente: Elaboración propia

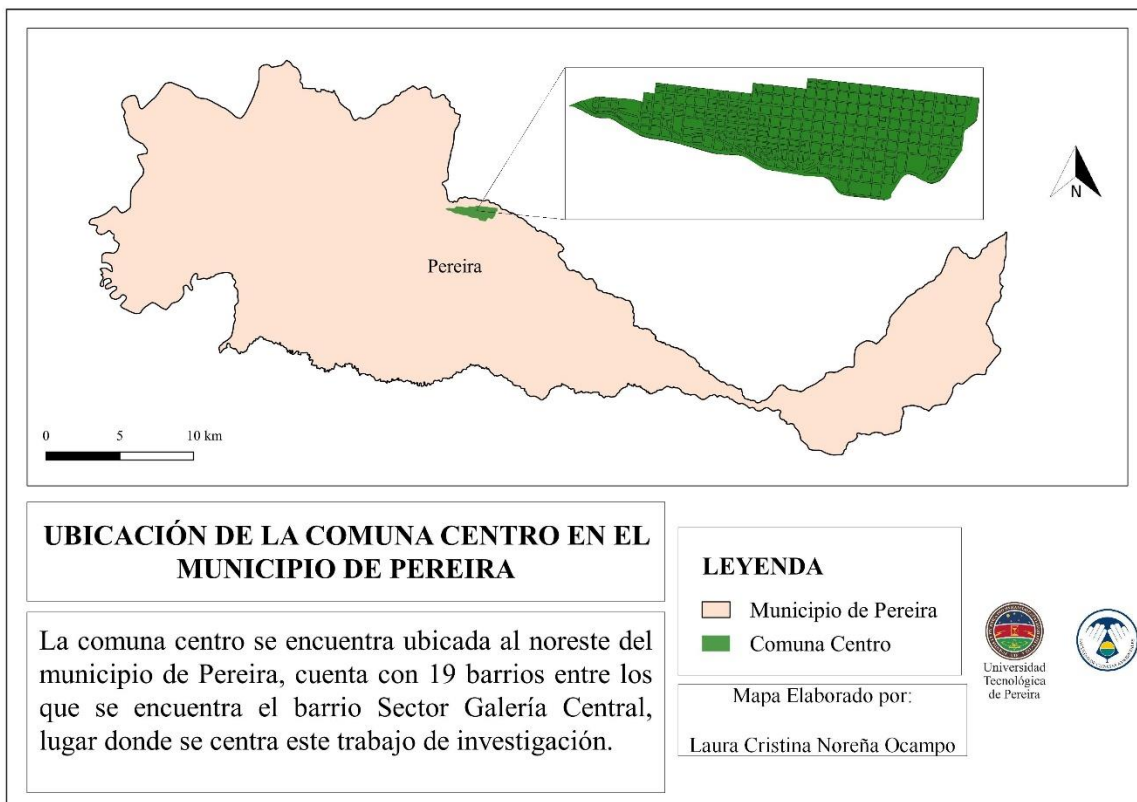
Como resultado de la suma ponderada se sugiere realizar el estudio en el punto crítico número 1 (comuna Río Otún y Centro); razón por la cual se ubicará el muestreo en una vivienda que pertenece a la comuna Centro con dirección en la carrera 4 número 16-13, 4 piso, barrio Sector Galería Central.

8.3.Contexto

El municipio de Pereira se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la cordillera central perteneciente al departamento de Risaralda, en la zona centro-occidente de Colombia; con una extensión total de 702 km² (Alcaldía de Pereira, 2020) y una altura de 1411 msnm. “Su estratégica localización central, lo ubica en el panorama económico nacional e internacional, estando unido vialmente con los tres centros urbanos más importantes del territorio nacional y con los medios tanto marítimos como aéreos de comunicación internacional” (Alcaldía de Pereira, 2020, p.15).

La comuna centro se encuentra ubicada al noreste de este municipio (Ver figura 6) limitando con las comunas San Nicolas, Boston, Oriente, Villavicencio y Río Otún; cuenta con 19 barrios entre los que se destaca el barrio Sector Galería Central, lugar donde se centra este trabajo de investigación (Alcaldía de Pereira,2015), exactamente en la carrera cuarta entre las calles 16 y 17.

Figura 6. Mapa ubicación de la comuna Centro.



Fuente: Elaboración propia con información suministrada por la Alcaldía de Pereira, 2015.

La población estimada para la ciudad de Pereira en el año 2019 según el DANE (2019) es de 497.859 habitantes predominando el mayor porcentaje en la zona urbana (p.20). En este sentido la comuna Centro para el año 2019 según proyecciones de la Alcaldía de Pereira (2015) contaría con una población de 35.268 habitantes (p.19) representando el 7,1% de la población total del municipio.

La estructura económica del municipio de Pereira es muy diversificada en cuanto a su aporte al producto interno bruto, el sector primario aporta el 5.7%, el sector secundario aporta el 26.2% y el sector terciario es el más representativo con un aporte del 68.1% (Alcaldía de Pereira,2020); Es

entonces que el sector comercial aporta el 88% del empleo en la ciudad gracias a la ubicación estratégica del municipio (Dinero,2014).

La comuna Centro se dedica principalmente y casi en su totalidad al sector comercial; según la alcaldía de Pereira en el diagnóstico de la comuna Centro (2015) los establecimientos comerciales representan un 55,4%, seguido de hoteles y restaurantes con un 12,6%, sector industrial con un 8,6% y transporte y telecomunicaciones un 6,98% de los 6589 establecimientos totales en el sector (p.71).

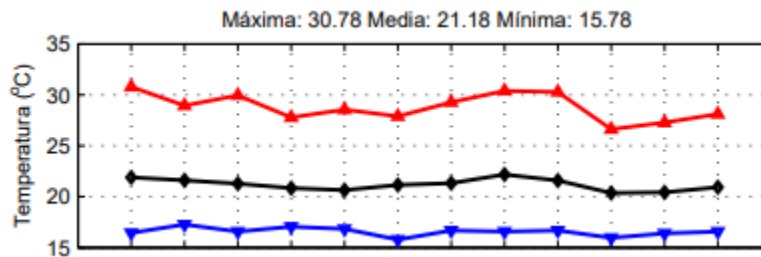
8.4. Condiciones meteorológicas

Los datos meteorológicos de la zona de estudio son recopilados por medio de la Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda con su estación más cercana (El Lago), situada en la calle 25, número 7-48, aproximadamente a 1.1 kilómetros de distancia del lugar de medición; esta información es complementada con datos primarios recolectados en campo con el equipo COMDE DERENDA MVS 6.1.

8.4.1. Temperatura

La comuna Centro cuenta con una temperatura que oscila entre los 15,78 a los 30,78 °C, en promedio de 21,18 °C (Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019. p.1) la misma temperatura que se presenta a lo largo del municipio. Esta información es confirmada con las mediciones realizadas por el equipo COMDE DERENDA MVS 6.1 donde la temperatura se encuentra entre 19 a 29 °C.

Figura 7. Comportamiento temperatura anual estación El Lago 2019.

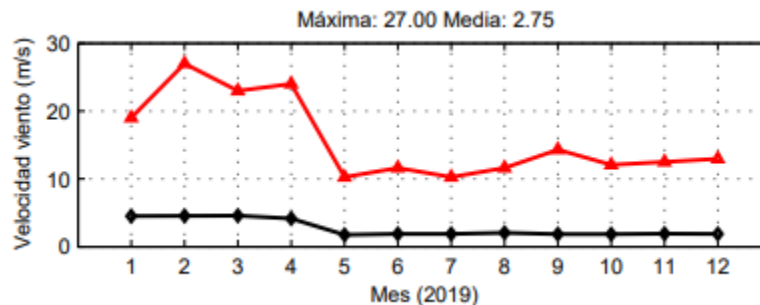


Fuente: Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019.

8.4.2. Velocidad del viento

Según el Atlas climatológico de Colombia, Pereira cuenta con una velocidad del viento multianual que oscila entre 0 a 6 (m/s) siendo los meses de junio hasta agosto donde se presentan los mayores valores (IDEAM, 2015, P.1); por otro lado, según la Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda (2019) la comuna Centro tiene una velocidad media de 2.75 (m/s) encontrando sus velocidades más altas en los meses de enero a abril que puede llegar a alcanzar hasta los 27 (m/s) (p.1).

Figura 8. Comportamiento velocidad del viento anual estación El Lago 2019.

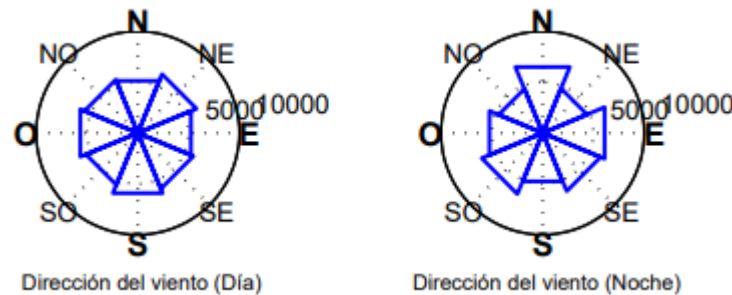


Fuente: Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019.

8.4.3. Dirección del viento

Según el Atlas climatológico de Colombia, en Pereira la rosa de los vientos presenta múltiples direcciones en un mismo día, predominando los vientos provenientes del Oeste, sur y suroeste (IDEAM, 2015, P.1); por otro lado, los vientos de la comuna Centro presentan una dirección de los vientos en todas las direcciones con un comportamiento muy similar en el día como en la noche como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Comportamiento dirección del viento anual día y noche estación El Lago 2019.

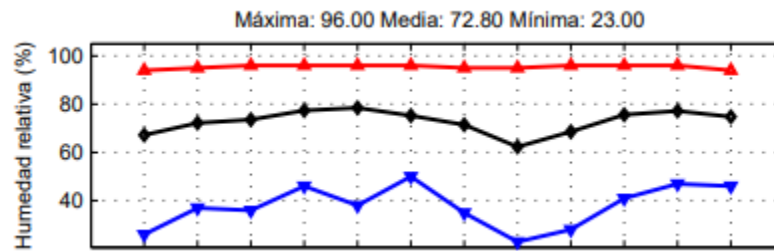


Fuente: Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019.

8.4.4. Humedad relativa

La humedad relativa del municipio de Pereira “oscila durante el año entre 73 y 79 %, siendo levemente superior en la época lluviosa del primer semestre” (IDEAM,sf, p.48); por otro lado la comuna Centro cuenta con una humedad relativa que oscila entre los 23 a los 96% con una humedad media de 72,8%. (Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019); esta información es confirmada con las mediciones realizadas por el equipo COMDE DERENDA MVS 6.1 donde la humedad relativa se encuentra entre 52 y 83%.

Figura 10. Comportamiento humedad relativa anual estación El Lago 2019.



Fuente: Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019.

8.4.5. Precipitación

El municipio de Pereira cuenta con un promedio de lluvia total anual de 2301 mm con dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas; los meses de enero, febrero, julio y agosto, son los más secos del año mientras que las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. (IDEAM,sf, p.48). En la comuna Centro se presentan lluvias de mayor intensidad en los meses de marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre, mientras que las lluvias de menor intensidad se presentan en enero, febrero, junio, julio, agosto y septiembre (Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2019, p.1).

8.5. Comportamiento de enfermedades asociadas a la contaminación por material particulado

Los estudios de salud en la ciudad de Pereira no reflejan exactamente las consecuencias que ha sufrido la población por la exposición constante de material particulado, pero conociendo las

enfermedades que se asocian a este tipo de contaminante se tienen registros del comportamiento de algunas de estas en el tiempo.

Según un estudio del análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud realizado por la Secretaria de Salud Pública y Seguridad Social de Pereira en el año 2019 se determinó que entre las primeras enfermedades que han causado un porcentaje mayor de mortalidad por enfermedades transmisibles en el municipio se encuentran las infecciones respiratorias agudas (IRA) con una proporción aproximada en hombres de 25 por cada 100.000 habitantes y en mujeres de 17 por cada 100.000 habitantes (p.36); Así mismo en el informe de calidad de vida del 2019 se resalta que la enfermedad IRA en menores de cinco años representa una de las principales causas de muertes en la ciudad (Pereira como vamos, 2019, p. 54). En el 2013 la comuna Centro se encontraba en un rango de mortalidad de 9 a 14 personas por cada 100.000 habitantes a causa de enfermedades transmisibles entre las que se encuentra las infecciones respiratorias agudas (Alcaldía de Pereira, 2015 p.25).

En el año 2020 para el mes de junio las “enfermedades respiratorias en Pereira generaron 3.200 horas de incapacidad” (Semana, 2020) y según la Secretaria de Salud Pública y Seguridad Social de Pereira en el boletín epidemiológico Pereira Semana 27: Alertas tempranas del año 2020 “se notificaron un total de 50321 consultas por IRA procedentes de los servicios de hospitalización en sala general, UCI, consulta externa y urgencias” (p.2).

Igualmente, como resultado de la mortalidad ocasionada por neoplasias en la ciudad como primera causa en los hombres se encuentran los tumores malignos de la tráquea, los bronquios y el pulmón

que se presenta en 28 de cada 100.000 habitantes (p.38), mientras que en las mujeres esta se encuentra en la 5 posición de mortalidad por neoplasias con cifras de 11 mujeres por cada 100.000 habitantes (ASIS MUNICIPAL, p.39).

Por otro lado, en el año 2012 se realizó un estudio de enfermedades ocasionadas por el deterioro ambiental en el aire ocasionada por el tráfico vehicular, con resultados que sugieren que “gran parte de la morbilidad por IRA en personas mayores de 5 años son producto del deterioro ambiental (aire) ocasionado por el tráfico vehicular, especialmente del automóvil privado” (MinAmbiente, 2012, p.142).

Así mismo, con el crecimiento de las ciudades se aumenta cada vez más la exposición de este contaminante para la población en general ya que por cada 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de exposición anual a PM10, se producen 1.974 casos de IRA al año aumentando la tasa de morbilidad por IRA en un 0.52% y que un incremento de 1.000 vehículos circulando por año, incrementa en 0,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la concentración media anual de PM10, generando 667 casos de IRA (MinAmbiente, 2012, p.142).

8.6. Medición material particulado PM 10

El muestreo se realizó según el protocolo establecido en el Laboratorio de la Calidad del Aire- Medición de Emisiones Atmosféricas basados en el método europeo EN-12341:2014, un método que “determina las concentraciones máxicas de PM 10 de material particulado en suspensión en el aire ambiente tomando muestras del material particulado en filtros y pesándolos por medio de una balanza” (p.9); así mismo se tuvieron en cuenta los criterios establecidos para el diseño de sistemas de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI) contempladas en el protocolo para el

monitoreo y seguimiento de la calidad del aire emitido por el ahora ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en Colombia.

Es entonces que se establecieron las siguientes características para llevar a cabo el muestreo:

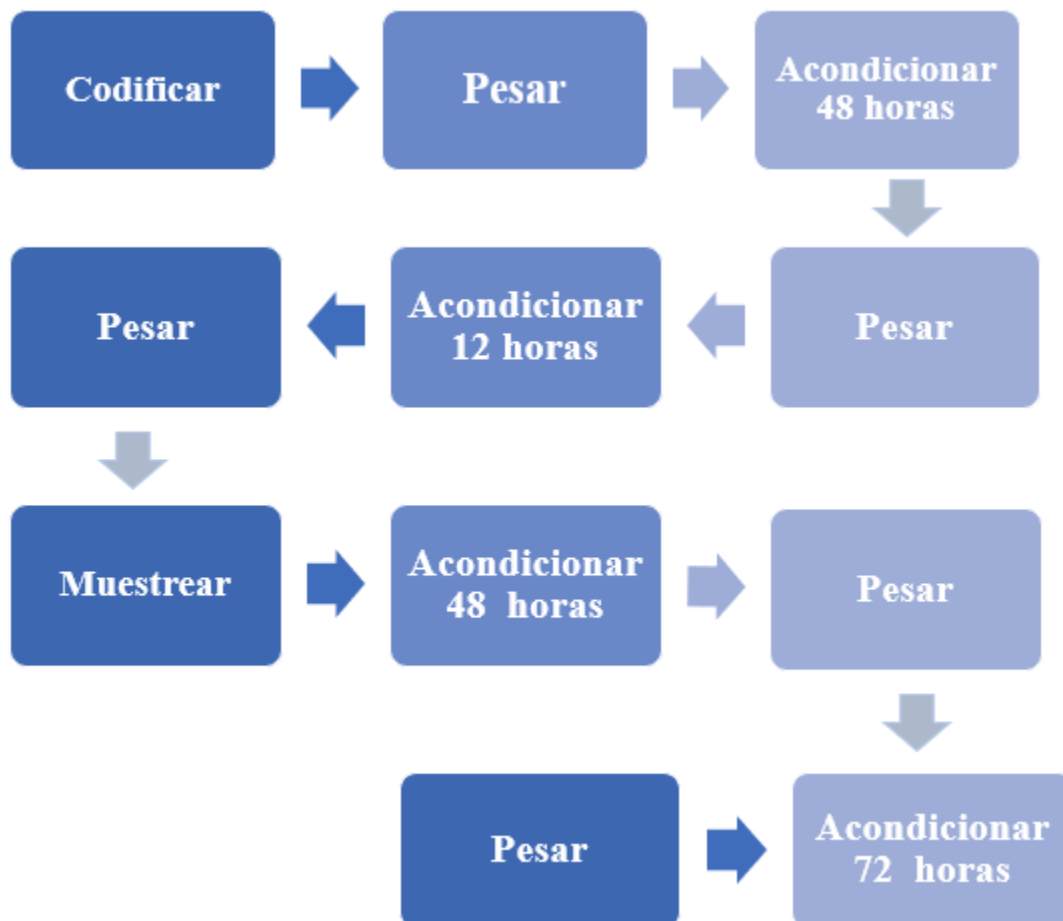
- Parámetros a medir: Material particulado PM10.
- Tiempo de monitoreo: Se realizarán como mínimo 18 muestras; aunque si al analizar los resultados de las primeras 15 muestras se obtiene un promedio igual o mayor al 80% del valor de la norma anual de calidad del aire o nivel de inmisión, se deberá prolongar el monitoreo hasta completar las 24 muestras.
- Periodicidad de muestreo: Día de por medio.
- Equipos y materiales utilizados: Captador COMDE DERENDA MVS 6.1, microbalanza METTLER TOLEDO EXCELLENCE PLUS XP56-XP26 y filtros de fibra de vidrio.
- Horario de muestreo: Desde la media noche hasta la media noche del otro día.
- Manejo de datos: Computador personal por medio del software Excel.
- Personal requerido: 1 técnico de campo, 1 analista de laboratorio y 1 director.
- Número de estaciones de monitoreo: 1.

8.6.1. Acondicionamiento y manejo de filtros

Los filtros se acondicionaron y pesaron antes y después del muestreo en la microbalanza ubicada en el laboratorio de Productos Naturales de la Universidad Tecnológica de Pereira siguiendo los pasos observados en la figura 11 en condiciones constantes (temperatura entre 19 a 20°C y humedad relativa entre 20 a 50%), todo esto realizado a cargo del Laboratorio de Calidad de Aire-Medición de Emisiones Atmosféricas.

Para efectos de seguridad, los filtros se manipularon en todo momento con pinzas y guantes de látex sin hablar o respirar encima de ellos y se transportaron en cajas Petri de vidrio de 60 x 60 mm para evitar contactos con partículas externas al muestreo; así mismo se codificaron con dígitos de 6 cifras siempre iniciando con el número 20 para un control adecuado de cada uno de los filtros.

Figura 11. Proceso para manejo de filtros.



Fuente: Elaboración propia con información suministrada por el Laboratorio de la Calidad del Aire- Medición de Emisiones Atmosféricas.

8.6.2. Manejo del equipo



Previo al uso del Captador COMDE DERENDA MVS 6.1 se recibió una capacitación del buen uso y manejo del equipo; seguido a esto se ubicó el equipo en el lugar y sitio de muestreo definido previamente en el objetivo número uno (edificio con dirección en carrera 4 # 16-13 en el cuarto y último piso) distanciado de paredes que obstruyeran el paso del contaminante.

Los filtros en blanco se ubicaron en el portafiltro en la parte inferior del cabezal como se muestra en el registro fotográfico, el equipo se configuró de acuerdo al caudal establecido por la norma europea EN 12341:2014 de $2,3\text{m}^3/\text{h}$ para asegurar la validez de los resultados y el tiempo de muestreo se ajustó en todas las ocasiones para realizarse en 24 horas.

8.6.3. Condiciones ambientales

Los datos suministrados por el equipo se recolectaron en el formato que se muestra en la figura 12 para llevar registro y control de algún cambio significativo en el ambiente. Estos datos fueron recolectados y se adjuntan en el anexo 1 en un documento de Excel para cada uno de los días de muestreo.

Figura 12. Formato control condiciones ambientales.

 CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO 										
Fecha Inicio			Fecha finalización			Ubicación de muestreo				
N° filtro						Día de muestreo				
Hora de inicio						Hora finalización				
Responsable										
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
Observaciones										

Fuente: Elaboración propia.

8.6.4. Características generales del muestreo

Todos los muestreos se realizaron durante el tiempo estipulado de 24 horas sin ningún problema técnico; sin embargo, las mediciones no se lograron realizar cada día de por medio debido a la disponibilidad de la balanza y del personal encargado de los acondicionamientos y pesajes de los filtros. Los muestreos se realizaron 18 días como lo estipula el protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire y no fue necesario prolongar el muestreo porque en las primeras 15 muestras no se obtuvo un promedio igual o mayor al 80% del valor de emisión de contaminante estipulado en la norma anual de calidad del aire.

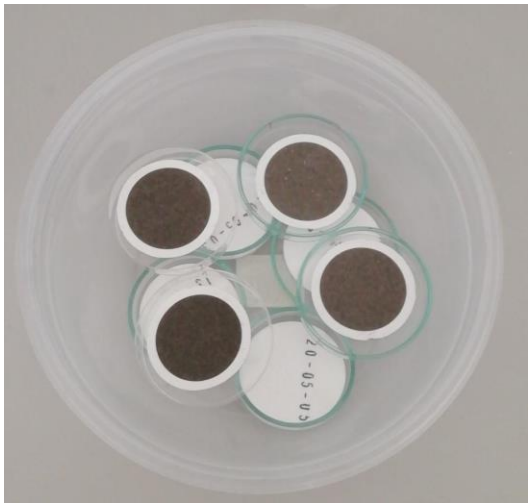
Así mismo se destaca que los muestreos se realizaron en una época donde se contaba con restricciones decretadas en el país de movilidad por lo que se notaba una reducción considerable de flujo vehicular.

8.6.5. Registro fotográfico

Tabla 11. Registro fotográfico.

Fotografías etapa de medición	
Equipo COMDE DERENDA ubicado en el lugar de medición	Microbalanza METTLER TOLEDO EXCELLENCE PLUS XP56-XP26 con filtro muestreado
	
Filtros en acondicionamiento en el laboratorio	Filtro acondicionado y codificado en el portafiltros

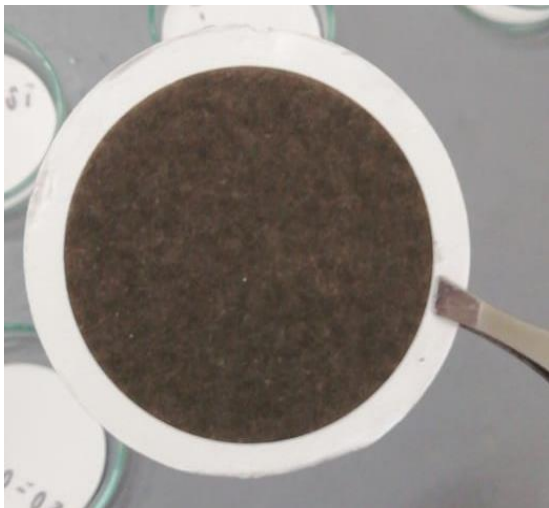
Fotografías etapa de medición



Filtro muestreado



Cabezal del equipo que soporta el filtro



Equipo de trabajo acondicionando el COMDE DERENDA en el lugar de medición

Fotografías etapa de medición



Fuente: Elaboración propia

8.6.6. Concentración de material particulado diario.

Los resultados de los pesos obtenidos del filtro tanto antes como después del muestreo se documentaron en el anexo 2, así mismo se tuvieron en cuenta el flujo volumétrico, el tiempo de muestreo y la diferencia de los pesos para finalmente hallar la concentración de material particulado de $10 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$ usando la ecuación número 2.

Figura 13. Resultados de medición de concentración de material particulado diario.

<div>  <div>RESULTADOS DE MEDICIÓN</div>  </div>								
Responsables			Mateo Echeverri y Laura Noreña					
N°	Fecha muestreo	Código Filtro	Peso promedio filtro sin muestrear (mg)	Flujo volumétrico (m³/h)	Tiempo de muestreo (h)	Peso promedio filtro muestreado(mg)	Δ Peso (mg)	Concentración PM 10 (µg/m3)
1	21/10/2020	20 08 01	160,36	2,30	24	161,61	1,25	22,71
2	30/10/2020	20 08 05	156,51	2,30	24	157,80	1,29	23,43
3	3/11/2020	20 08 06	156,36	2,30	24	157,81	1,45	26,27
4	4/11/2020	20 08 03	158,69	2,30	24	159,87	1,18	21,38
5	5/11/2020	20 08 02	157,52	2,30	24	158,8	1,28	23,19
6	15/11/2020	20 08 04	158,33	2,30	24	159,38	1,05	18,96
7	17/11/2020	20 05 01	156,36	2,30	24	157,05	0,69	12,50
8	18/11/2020	20 05 02	159,72	2,30	24	160,43	0,71	12,86
9	19/11/2020	20 05 03	158,52	2,30	24	159,21	0,69	12,56
10	20/11/2020	20 05 04	160,82	2,30	24	161,47	0,64	11,68
11	23/11/2020	20 05 05	160,21	2,30	24	161,08	0,87	15,76
12	24/11/2020	20 05 06	157,98	2,30	24	159,28	1,30	23,46
13	25/11/2020	20 05 07	159,30	2,30	24	160,22	0,92	16,67
14	26/11/2020	20 05 08	158,23	2,30	24	159,11	0,88	15,94
15	27/11/2020	20 05 19	158,89	2,30	24	160,16	1,27	23,01
16	29/11/2020	20 05 18	160,36	2,30	24	160,8	0,44	7,97
17	30/11/2020	20 05 17	160,21	2,30	24	160,86	0,65	11,78
18	1/12/2020	20 05 16	157,86	2,30	24	158,87	1,01	18,30

Fuente: Elaboración propia

8.6.7. Concentración de material particulado anual

Teniendo en cuenta los datos recolectados en los 18 días de muestreo se realizó un promedio aritmético, con el fin de establecer el valor anual de concentración de material particulado de 10 micras en la comuna Centro de la ciudad de Pereira.

- **Concentración anual PM 10** = $17,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$

8.7. Interpretación de resultados

Las concentraciones de material particulado en los días 18 días de medición oscilaron entre los 7,97 hasta los $26,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el valor más alto registrado el día 3 de noviembre mientras que

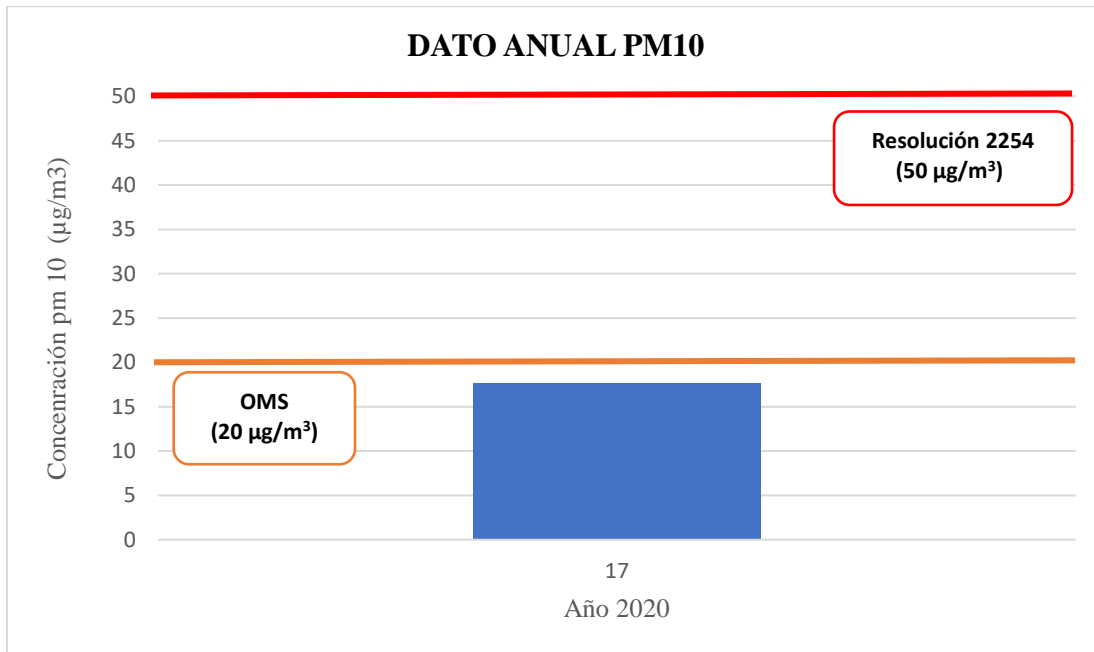
el valor más bajo se presentó el día 29 de noviembre; estos valores encontrándose muy por debajo del valor establecido en la resolución 2254 de 2017 en la que a partir del 1 de julio de 2018 el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 24 horas de PM 10 es de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de exposición anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; lo que nos indica que a pesar de ser considerado este lugar como un posible punto crítico de contaminación atmosférica cumple con la normatividad colombiana de la misma manera que cumple los valores estipulados por la organización mundial de la salud (OMS) de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 24 horas y de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual; es entonces que se pueden observar gráficamente en las figuras 14 y 15 como se comportaron las mediciones de acuerdo a los límites máximos establecidos de emisión.

Figura 14. Comportamiento diario del muestreo de PM10.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Comportamiento anual del muestreo de PM10.



Fuente: Elaboración propia.

8.7.1. Índice de calidad del aire (ICA)

Con las concentraciones obtenidas en la medición del punto crítico del municipio de Pereira es posible calcular el ICA, “una herramienta que permite informar de forma clara, directa y rápida sobre la calidad del aire que respiramos” (Alcaldía Mayor de Bogotá, sf, p.6); es entonces una manera adecuada de alertar y prevenir a la comunidad en general sobre la calidad del aire que están respirando en la actualidad.

Todo el procedimiento para realizar este índice se obtuvo de la resolución 2254 de 2017 y se detallaron en las tablas número 4 y 5 y calculando la ecuación número 3; todo esto compilado en la tabla número 12 de este trabajo de investigación.

Tabla 12. Resultado del índice de calidad del aire.

INDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA)							
Día de muestreo	Concentración PM 10 (µg/m ³)	PC alto	PC bajo	I alto	I bajo	Valor del ICA	Estado de la calidad del aire
1	22,71	54	0	50	0	21,02	Buena
2	23,43	54	0	50	0	21,69	Buena
3	26,27	54	0	50	0	24,32	Buena
4	21,38	54	0	50	0	19,79	Buena
5	23,19	54	0	50	0	21,47	Buena
6	18,96	54	0	50	0	17,56	Buena
7	12,50	54	0	50	0	11,57	Buena
8	12,86	54	0	50	0	11,91	Buena
9	12,56	54	0	50	0	11,63	Buena
10	11,68	54	0	50	0	10,82	Buena
11	15,76	54	0	50	0	14,59	Buena
12	23,46	54	0	50	0	21,72	Buena
13	16,67	54	0	50	0	15,43	Buena
14	15,94	54	0	50	0	14,76	Buena
15	23,01	54	0	50	0	21,30	Buena
16	7,97	54	0	50	0	7,38	Buena
17	11,78	54	0	50	0	10,90	Buena
18	18,30	54	0	50	0	16,94	Buena

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el punto de estudio analizado a pesar de ubicarse en un área de alto flujo vehicular sobre todo de paso de transporte público cuenta con un estado de la calidad del aire buena lo que nos indica que la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud; aun así se hace énfasis en incentivar una adecuada gestión de la calidad del aire en la ciudad, iniciando por la gestión de las emisiones provenientes de vehículos.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación determinó que el estado de la calidad del aire es bueno en el barrio Galería Central de la ciudad de Pereira debido a que las concentraciones de material particulado oscilaron entre los 7,97 hasta los 26,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ encontrándose dentro del rango permitido de emisión tanto a nivel nacional como global tanto el valor diario como el anual, lo que nos indica que ahora los retos deben enfocarse en la prevención y de gestión de los contaminantes atmosféricos en la ciudad; así mismo cabe resaltar que los datos obtenidos son de un solo punto lo que no permite generalizar todo el estado de la calidad del aire en la ciudad.

Las mediciones se realizaron el proceso de reactivación económica en donde se implementó en gran medida el teletrabajo y se redujo el desplazamiento en la ciudad, lo que sugiere una reducción de los contaminantes emitidos a la atmósfera como era realizado normalmente en tiempos anteriores; es por esta razón que se propone realizar una nueva medición en el momento que se termine las restricciones decretadas en el país a causa del covid-19; así mismo realizarla cuando el equipo cuente con la calibración necesaria ya que esto permite tener unos datos más cercanos a la realidad.

Los meses de octubre y noviembre en los cuales se realizaron las mediciones se encontraban época de lluvias en la ciudad con temperaturas entre los 19 a 29 °C, lo que generó inconsistencias en las condiciones ambientales a la hora del muestreo; se pudo así mismo observar que los días que se presentaron fuertes lluvias y en horarios prolongados se presentó una disminución en la emisión de contaminantes, esto dado posiblemente a la remoción y precipitación rápida de material particulado convirtiendo este tipo de contaminación en contaminación hídrica.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Pereira (2002). Agenda ambiental del municipio de Pereira. Recuperado de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/home/Per.pdf>

Alcaldía de Pereira (2020). Información del municipio [en línea]. Recuperado de: <http://www.pereira.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Alcaldía de Pereira (2020). Economía [en línea]. Recuperado de: <http://www.pereira.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx#:~:text=%E2%80%8BEI%20municipio%20de%20Pereira,una%20magnitud%E2%80%8B%20de%2068.1%25.>

Alcaldía de Pereira (2015). Diagnóstico socioeconómico comuna Centro. Recuperado de: <http://www.pereira.gov.co/Planeacion/DIAGNOSTICOS%20SOCIOENCONOMICOS/DIAGNOSTICOS%20SOCIOENCONOMICOS/2.%20COMUNA%20CENTRO.pdf>

Alcaldía de Pereira (2015). Indicadores básicos de salud en Pereira. Recuperado de: <http://www.pereira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Indicadores%20B%C3%A1sicos%20de%20Salud%202015.pdf>

Cárdenas, J. (2017). La calidad del aire en Colombia: un problema de salud pública, un problema de todos. Revista Biosalud. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v16n2/1657-9550-biosa-16-02-00005.pdf>

Colombia. Alcaldía de Pereira (2019). Análisis de situación de salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud.

Colombia. DANE (2019). Resultados censo nacional de población y vivienda 2018. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190731-CNPV-presentacion-Risaralda-Pereira.pdf>

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: Manual para la elaboración de planes de gestión de la calidad del aire. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527540/Manual+para+la+Elaboraci%C3%B3n+de+Planes+de+Gesti%C3%B3n+de+la+Calidad+del+Aire.pdf/27cbbaaf-0ecf-4d86-b0dc-18a2402d694e>

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2012). Diagnóstico nacional de salud ambiental. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

Colombia. Secretaria de Salud Pública y Seguridad Social de Pereira (2019). Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud.

Corporación Autónoma de Risaralda (2018). Inventario de fuentes fijas 2018 [Excel].

Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2003). Análisis de contribución de fuentes en PM10 y PM2.5 en un área de fondo urbano con influencia de emisiones industriales

(Abanto, Vizcaya). Recuperado de:

https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/particulas_abanto/es_doc/adjuntos/2003.pdf

El Diario. (16 de noviembre de 2019). ABC de los hurtos en Pereira en los últimos 10 años.

Recuperado de: <https://www.eldiario.com.co/noticias/pereira/abc-de-los-hurtos-en-pereira-en-los-ultimos-10-anos/>

El Expreso. (19 de agosto de 2016). Este es el balance de delitos en el Área Metropolitana.

Recuperado de: <https://www.elexpreso.co/es/este-es-el-balance-de-delitos-en-el-area-metropolitana-BA1130>

Gaitán, M. (noviembre, 2020). *Normatividad ambiental vigente y en desarrollo para la regulación de la calidad del aire y las emisiones atmosféricas*. Trabajo presentado en el seminario internacional calidad del aire en centros urbanos, Colombia.

García, D. (diciembre, 2018). Calidad del aire y políticas públicas en Bogotá: una historia de injusticia ambiental. Ideas Verdes, 14. 1-22. Recuperado de: <https://co.boell.org/es/2019/04/05/calidad-del-aire-y-politicas-publicas-en-bogota-una-historia-de-injusticia-ambiental>

García, H. (2006). Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=T87uEuVP84kC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Dinero. (27 de agosto de 2014). Pereira, la capital comercial del Eje Cafetero. *Dinero*. Recuperado de: <https://www.dinero.com/pais/articulo/comercio-principal-actividad-economica-pereira/200284>

García, H. (2006). Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión. Colombia, Bogotá: Universidad Nacional. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=T87uEuVP84kC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

IDEAM. (sf). Contaminación y calidad ambiental [en línea]. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental>.

IDEAM. (2015). Dirección del viento en grados. Recuperado de:
http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Direccion_Col_13.pdf

IDEAM. (2015). Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s). Recuperado de:
http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Velocidad_Col_13.pdf

IDEAM. (sf). Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Recuperado:

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Instituto Nacional de Salud. (2019). Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia [en línea]. Recuperado de: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx#:~>

Hurtado, J. (2000). Metodología de la investigación holística (3a. ed). Venezuela: Fundación Sygal. Recuperado de: <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>

Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México. México, Ciudad de México: Imusa.

Recuperado de:

https://books.google.es/books?id=8MVxlyJGokIC&dq=que+es+la+contaminaci%C3%B3n&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Calidad del aire: antes y después de la pandemia [video]. Colombia: Youtube. (24 de junio de 2020). 51:37 minutos. [Consultado: 24 de junio de 2020]. Recuperado de. <https://www.youtube.com/watch?v=zYVqGEbWbRc&feature=youtu.be>

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (manual de diseño de sistemas de vigilancia de calidad del aire). Recuperado de:

https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Dise%C3%B1o.pdf

Muriel, R. (2006). Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56362084/60398777-gention-ambiental-rafa>

Observatorio de la sostenibilidad en España. (sf). Calidad del aire en las ciudades: clave de sostenibilidad urbana. España. Recuperado de: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0669360.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2018). Calidad del aire y salud [en línea]. Recuperado de:
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Organización Mundial de la Salud. (2014). 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica [en línea]. Recuperado de:
<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

Organización Mundial de la Salud. (2018). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado [en línea]. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

OPS. (sf). Contaminación del aire ambiental [en línea]. Recuperado de:
https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es

Pereira cómo vamos. (2019). Informe de calidad de vida. Recuperado de:
https://s3.pagegear.co/38/73/icv/icv_2019.pdf

Pereira cómo vamos. (2018). Informe de calidad de vida. Recuperado de:
<http://www.unilibre.edu.co/pereira/images/2018/pdf/presentacion-pereira-como-vamos.pdf>

Política para el mejoramiento de la calidad del aire, CONPES 3943 de 2018. Recuperado de:
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3943.pdf>

Red Hydroclimatológica del Departamento de Risaralda. (2019). Reporte climatológico anual. Recuperado de: https://redhidro.org/reportes/boletines/estaciones/el%20lago/2019/anual/ECT-Lago_2019.pdf

Rodriguez, M y Espinoza, G. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas. Estados Unidos, Nueva York. Recuperado de:
http://www.ced.cl/ced/GAM/docs/Material_Bibliografico/Gestion_Ambiental_en_LAC.pdf

Sáenz, O. (2007). Las ciencias ambientales: una nueva área de conocimiento. Recuperado de:
<http://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/mod-i-basicos-ambientales/lascienciasambientalesunanuevaareadeconocimiento.pdf>

Sánchez, L. (sf). Evaluación de impacto ambiental. Recuperado de:
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/321.pdf>

Sampieri, R. (2010). Metodología de la investigación (5a. ed). México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de:

https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf

Triola, M. (2010). Estadística (10ª. Ed). México: Pearson Educación. Recuperado de:
<https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>



Tyler, N, Acevedo, J y Bocarejo, J. (2013). Marco Teórico de contaminación atmosférica en Colombia. University College London – Universidad de los Andes. Recuperado de:
<https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia1.pdf>

Yassi, A, Kjellström, T y Guidotti, T. (2002). Salud ambiental básica (1a. ed.). Recuperado de:
<http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/tysa/images/libros/Libro%20SALUD%20AMBTAL%20BASIC A.pdf>



11. ANEXOS

Anexo 1. Control de condiciones ambientales



1. Día 1 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	21/10/2020	Fecha finalización	22/10/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 08 01			Día de muestreo	1					
Hora de inicio	15:00			Hora finalización	15:00					
Responsable	Laura Noreña, Mateo Echeverr y Cristian Morales									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
21/10/2020	15:00	27	857	54	0	857	30	27	0	Seco
21/10/2020	18:00	28	789	72						Seco
21/10/2020	19:00	22	858	74	69	789	30	22	10,8	Seco
21/10/2020	21:20	21	860	79	69	791	28	21	16,09	Seco
21/10/2020	22:50	21	860	78	69	791	27	21	19,48	Seco
22/10/2020	2:10	20	859	79	69	790	28	20	26,88	Seco
22/10/2020	6:19	20	861	82	69	792	28	20	36,4	Seco
22/10/2020	10:57	25	862	62	70	792	35	25	47,13	Seco
22/10/2020	13:17	27	859							Seco
22/10/2020	14:21	28	858	52	71	787	36	28	54,99	Seco
Observaciones										



2. Día 2 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	30/10/2020	Fecha finalización	31/10/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 08 05			Día de muestreo	2					
Hora de inicio	17:30			Hora finalización	17:30					
Responsable	Laura Noreña y Mateo Echeverrí									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
30/10/2020	17:30	24	857	61	0	857	26	24	0	Seco
30/10/2020	19:53	21	859	78	68	791	28	21	5,5	Seco
30/10/2020	22:03	19	860	83	68	792	27	19	10,5	Seco
30/10/2020	23:20	19	862	83	68	794	27	19	13,4	Seco
31/10/2020	7:34	19	863	91	69	794	25	19	16	Húmedo
31/10/2020	9:52	21	864	78						Seco
31/10/2020	12:00	22	863	79						Seco
31/10/2020	14:08	24	859	60						Seco
31/10/2020	16:14	24	858	65					55,3	Seco
Observaciones										



3. Día 3 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO			
Fecha Inicio	3/11/2020	Fecha finalización	4/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro - Pereira
N° filtro	20 08 06		Día de muestreo	3	
Responsable	Laura Noreña, Mateo Echeverri y Cristian Morales				
SEGUIMIENTO					
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Clima (Seco/húmedo)
3/11/2020	10:50	25	859	56	Seco
3/11/2020	14:00	29	857	43	Seco
3/11/2020	16:20	26	857	48	Seco
3/11/2020	19:20	23	858	65	Seco
3/11/2020	21:09	20	859	80	Seco
3/11/2020	23:00	20	860	75	Seco
4/11/2020	7:41	19	860	67	Seco
4/11/2020	9:54	25	852	57	Seco
4/11/2020	10:47	26	862	54	Seco
Observaciones		El muestreo se inició el 3/11/20 a las 10:50 de la mañana y terminó el 4/11/2020 a las 10:50 de la mañana.			



4. Día 4 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	4/11/2020	Fecha finalización	5/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 08 03			Día de muestreo	4					
Hora de inicio	14:00			Hora finalización	14:00					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
4/11/2020	14:00	29	857	45	0	857	41	29	0	Seco
4/11/2020	16:15	24	857	53	67	790	34	25	5,177	Seco
4/11/2020	18:21	24	858	61	68	790	31	24	10,031	Seco
4/11/2020	20:25	21	859	71	68	791	29	21	14,8	Seco
4/11/2020	22:22	20	860	75	69	791	27	20	19,2	Seco
5/11/2020	8:08	19	862	85	69	793	27	19	41,78	Húmedo
5/11/2020	10:09	22	862	76	71	791	31	22	46,43	Seco
5/11/2020	12:16	24	860	64	69	791	35	24	51,29	Seco
5/11/2020	13:46	24	858	65	71	787	33	24	54,7	Seco
Observaciones		Todo el muestreo se realizó sin ningún inconveniente								



5. Día 5 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	5/11/2020	Fecha finalización	6/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 08 02			Día de muestreo	5					
Hora de inicio	15:45			Hora finalización	15:45					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
5/11/2020	15:45	25	856	62	0	856	37	25	0	Seco
5/11/2020	17:20	24	857	72	68	789	30	24	3,63	Seco
5/11/2020	20:15	22	859	79	68	791	29	22	10,3	Seco
5/11/2020	22:24	21	859	85	68	791	28	21	15,34	Seco
6/11/2020	9:18	19	862	88	70	792	24	19	40,4	Húmedo
6/11/2020	11:59	22	860	74	70	790	32	22	46,59	Seco
6/11/2020	14:10	25	858	59	69	789	36	24	51,6	Seco
6/11/2020	15:42	23	857	70	70	787	32	23	55,14	Seco
Observaciones		En las horas de la madrugada se presentaron fuertes lluvias.								



6. Día 6 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	15/11/2020	Fecha finalización	16/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 08 04			Día de muestreo	6					
Hora de inicio	17:37			Hora finalización	17:37					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
15/11/2020	17:37	23	857	66	0	857	25	23	0	Seco
15/11/2020	20:15	20	860	79	67	793	27	27	6,07	Seco
15/11/2020	11:58	20	860	80	68	792	27	20	15,05	Seco
16/11/2020	7:34	20	862	81	68	794	28	20	37,16	Seco
16/11/2020	10:02	23	867	68	68	795	34	23	37,8	Seco
16/11/2020	12:28	25	860	62	68	792	35	24	43,21	Seco
Observaciones		En el transcurso de toda la tarde del día 16/11/2020 se presentaron lluvias hasta finalizar el muestreo.								



7. Día 7 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	17/11/2020	Fecha finalización	18/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 01			Día de muestreo	7					
Hora de inicio	7:10			Hora finalización	7:10					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
17/11/2020	7:10	18	859	90	0	859	21	18	0	Seco
17/11/2020	7:11	18	859	89	67	792	21	18	0.017	Seco
17/11/2020	9:45	19	862	85	68	794	28	19	5,97	Seco
17/11/2020	12:35	23	860	69	69	792	33	23	12,48	Seco
17/11/2020	14:02	24	859	67	67	792	33	24	15,84	Seco
17/11/2020	17:37	21	858	82	69	789	29	21	24,11	Seco
17/11/2020	19:53	20	860	88	69	791	28	20	29,3	Seco
17/11/2020	23:26	20	862	88	71	791	27	20	37,4	Seco
<div> <div>Observaciones</div> <div>Se presentaron fuertes lluvias durante la madrugada del día 18/11/2020 hasta la hora que se finalizó el muestreo</div> </div>										



8. Día 8 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	18/11/2020	Fecha finalización	19/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 02			Día de muestreo	8					
Hora de inicio	8:17			Hora finalización	8:17					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
18/11/2020	8:15	20	862	93	0	862	30	20	0	Seco
18/11/2020	8:17	20	862	89	68	794	29	20	0,02	Seco
18/11/2020	10:27	22	862	79	68	794	31	22	4,99	Húmedo
18/11/2020	12:39	25	858	61	70	792	35	25	10,3	Seco
18/11/2020	14:52	25	857	63	68	789	34	25	15,17	Seco
18/11/2020	16:43	24	857	60	69	788	31	16	19,42	Seco
18/11/2020	20:21	20	859	80	69	790	28	20	27,8	Seco
18/11/2020	23:17	19	860	83	69	791	27	19	34,54	Seco
19/11/2020	7:34	20	862	85	71	791	27	20	53,61	Seco
Observaciones										



9. Día 9 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	19/11/2020	Fecha finalización	20/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 03			Día de muestreo	9					
Hora de inicio	10:14			Hora finalización	10:14					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
19/11/2020	10:12	24	861	72	0	861	35	24	0	Seco
19/11/2020	10:14	24	861	72	56	805	34	24	0,01	Seco
19/11/2020	12:40	28	858	53	67	791	39	27	6,33	Seco
19/11/2020	15:54	23	857	69	68	789	31	23	13,03	Seco
19/11/2020	18:17	22	857	75	68	789	29	22	18,54	Húmedo
19/11/2020	20:19	19	858	88	69	789	26	19	23,22	Seco
20/11/2020	7:55	21	860	77	69	791	29	21	49,92	Seco
20/11/2020	10:11	24	860	69	71	789	33	24	55,15	Seco
Observaciones										



10. Día 10 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	20/11/2020	Fecha finalización	21/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 04			Día de muestreo	10					
Hora de inicio	11:09			Hora finalización	11:09					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
20/11/2020	11:05	24	859	68	0	859	39	24	0	Seco
20/11/2020	11:09	24	859	67	68	791	38	24	0,02	Seco
20/11/2020	15:30	20	857	87	69	788	27	20	10,03	Húmedo
21/11/2020	7:25	17	860	91	71	789	25	17	46,72	Seco
21/11/2020	9:53	22	862	71	71	791	34	22	52,38	Seco
21/11/2020	11:01	24	860	62	70	789	35	24	54,98	Seco
Observaciones										



11. Día 11 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	23/11/2020	Fecha finalización	24/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 05			Día de muestreo	11					
Hora de inicio	6:58			Hora finalización	8:00					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
23/11/2020	6:52	19	858	82	0	858	20	19	0	Húmedo
23/11/2020	6:58	19	858	81	67	791	20	19	0,013	Húmedo
23/11/2020	9:25	26	862	63	68	794	35	26	5,65	Seco
23/11/2020	11:24	27	859	62	68	791	37	27	10,31	Seco
23/11/2020	14:10	27	856	52	67	789	45	27		Seco
23/11/2020	17:22	23	857	72	70	786	30	23		Seco
23/11/2020	19:55	21	857	74	70	787	28	21		Seco
24/11/2020	7:55	20	859	70	71	788	28	20		Seco
<div> <div>Observaciones</div> <div> El equipo se pausó en un lapso de 1 hora sin razón aparente, pero aún así se sigue filtrando porque los datos válidos son del 80% del tiempo de medición. </div> </div>										



12. Día 12 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	24/11/2020	Fecha finalización	25/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 06			Día de muestreo	12					
Hora de inicio	9:00			Hora finalización	9:00					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
24/11/2020	8:59	26	860	68	0	860	39	26	0	Seco
24/11/2020	9:00	25	860	68	67	793	38	25	0,02	Seco
24/11/2020	11:27	26	859	60	67	792	36	26	5,66	Seco
24/11/2020	16:35	23	856	81	67	789	31	23	17,49	Seco
24/11/2020	19:59	20	859	87	69	790	28	20	25,31	Seco
24/11/2020	22:43	19	859	84	69	790	27	19	31,59	Seco
25/11/2020	7:55	21	860	85	70	790	28	21	52,78	Seco
25/11/2020	8:51	22	862	80	70	792	31	22	54,91	Seco
Observaciones										



13. Día 13 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	25/11/2020	Fecha finalización	26/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 07			Día de muestreo	13					
Hora de inicio	12:00			Hora finalización	12:00					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
25/11/2020	11:54	24	859	72	0	859	35	24	0	Seco
25/11/2020	12:01	24	859	69	68	791	34	24	0,01	Seco
25/11/2020	14:42	26	858	63	67	790	36	26	6,2	Seco
25/11/2020	17:27	21	857	89	68	789	28	21	12,57	Húmedo
25/11/2020	21:04	18	859	83	68	791	26	18	20,87	Seco
26/11/2020	8:25	20	860	72	69	791	29	20	47	Seco
26/11/2020	10:37	24	860	68	70	790	34	24	52,06	Seco
26/11/2020	11:57	25	852	63	70	789	35	25	55,14	Seco
Observaciones		El muestreo se realizó sin ningún inconveniente								



14. Día 14 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	26/11/2020	Fecha finalización	27/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 08			Día de muestreo	14					
Hora de inicio	12:40			Hora finalización	12:40					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
26/11/2020	12:32	23	858	69	0	858	38	23	0	Seco
26/11/2020	12:41	23	857	72	67	790	36	23	0,017	Seco
26/11/2020	15:04	25	856	60	67	789	35	25	5,51	Seco
26/11/2020	17:25	24	856	68	67	789	31	24	10,96	Seco
26/11/2020	21:48	20	859	79	69	790	27	20	21,05	Seco
27/11/2020	7:36	18	859	88	71	788	24	18	43,61	Húmedo
27/11/2020	10:47	24	860	74	71	789	34	24	50,12	Seco
Observaciones		En la mitad del tiempo del muestreo se presentaron fuertes lluvias.								



15. Día 15 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	27/11/2020	Fecha finalización	28/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 19			Día de muestreo	15					
Hora de inicio	20:24			Hora finalización	20:24					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
27/11/2020	20:20	18	858	90	0	858	23	18	0	Seco
27/11/2020	20:25	18	858	90	67	791	23	18	0,015	Seco
28/11/2020	8:00	19	859	89	68	791	28	19	26,72	Seco
28/11/2020	11:31	24	860	70	69	791	34	24	34,83	Seco
28/11/2020	13:35	27	858	59	69	789	37	27	39,63	Seco
28/11/2020	16:03	24	856	60	69	787	32	24	45,28	Seco
28/11/2020	19:57	20	858	78	70	788	27	20	54,24	Seco
Observaciones										



16. Día 16 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	29/11/2020	Fecha finalización	30/11/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 18			Día de muestreo	16					
Hora de inicio	15:03			Hora finalización	15:03					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
29/11/2020	15:01	27	856	45	0	856	38	27	0	Seco
29/11/2020	15:04	27	856	49	69	787	36	27	0,061	Seco
29/11/2020	17:29	21	856	73	68	788	28	21	5,63	Seco
29/11/2020	20:04	20	858	77	68	790	26	20	11,58	Seco
29/11/2020	22:19	19	859	77	68	791	26	19	16,74	Seco
30/11/2020	8:04	20	859	72	68	793	28	20	39,2	Seco
30/11/2020	11:40	23	860	65	70	788	33	23	47,46	Seco
30/11/2020	14:26	25	857	59	69	78	37	25	53,82	Seco
Observaciones		El muestreo se realizó sin ningún inconveniente.								

17. Día 17 de muestreo

		CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO								
Fecha Inicio	30/11/2020	Fecha finalización	1/12/2020	Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira					
N° filtro	20 05 17			Día de muestreo	17					
Hora de inicio	16:47			Hora finalización	16:47					
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
30/11/2020	16:46	24	856	63	0	856	36	24	0	Seco
30/11/2020	16:48	24	856	63	68	788	35	24	0,055	Seco
30/11/2020	19:50	19	858	77	68	790	27	19	7,023	Seco
30/11/2020	22:53	18	859	79	69	790	24	17	14,04	Seco
1/12/2020	7:22	20	859	76	69	790	27	20	33,6	Seco
1/12/2020	9:22	22	862	72	69	793	32	22	38,2	Seco
1/12/2020	15:26	22	856	82	72	784	29	22	52,16	Seco
Observaciones										

18. Día 18 de muestreo

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> CONTROL CONDICIONES AMBIENTALES MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO </div>  </div>										
Fecha Inicio	1/12/2020		Fecha finalización	2/12/2020		Ubicación de muestreo	Carrera 4 #16-13 piso 3, Centro -Pereira			
N° filtro			20 05 16		Día de muestreo	18				
Hora de inicio			17:45		Hora finalización	17:45				
Responsable	Laura Noreña									
SEGUIMIENTO										
Fecha muestreo	Hora	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (hPa)	Humedad relativa (%)	Presión filtro (hPa)	Presión orificio (hPa)	Temperatura orificio (°C)	Temperatura filtro (°C)	Volumen filtrado (m3)	Clima (Seco/húmedo)
1/12/2020	17:43	21	856	87	0	856	34	21	0	Seco
1/12/2020	17:45	21	856	87	67	789	33	21	0,032	Seco
1/12/2020	21:14	19	859	84	68	790	26	19	8,04	Seco
2/12/2020	8:15	22	860	73	69	791	30	22	33,41	Seco
2/12/2020	10:16	24	860	73	70	790	32	24	38,05	Seco
2/12/2020	12:31	24	858	69	69	789	35	24	43,24	Seco
Observaciones										

